VISIT…

NB

А. В. ТАЛАНОВ

АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ ЗВУКОВАЯ РАЗВЕДКА

1957

Инженер-полковник А. В. ТАЛАНОВ
ПРОФЕССОР, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ ЗВУКОВАЯ РАЗВЕДКА

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

ОДОБРЕНО КОМАНДУЮЩИМ АРТИЛЛЕРИЕЙ
В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНИКА
ДЛЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ УЧИЛИЩ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
МОСКВА — 1957

А. В. Таланов. Артиллерийская звуковая разведка

Книга является учебником для курсантов артиллерийских училищ и слушателей Центральных артиллерийских курсов усовершенствования офицерского состава и может служить пособием для офицеров подразделений артиллерийской инструментальной разведки и слушателей Военной артиллерийской командной академии и Военной артиллерийской инженерной академии.

Перед пользованием учебником внести следующие исправления:

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
80	22 снизу	(42)	(44)
82	таблица вторая сверху	$\frac{Д}{2}$ 4	$\frac{Д}{3}$ 5
82	3 снизу	$Д_1 = 2$ *км.*	$Д_1 = 3$ *км.*
83	2 сверху 4 сверху 8 сверху	$Д_2 = 4$ *км.* ($Д = 2$ *км*) $Д = 3$ *км*	$Д_2 = 5$ *км.* ($Д = 3$ *км*) $Д = 4$ *км*
111	14 снизу	измерения	изменения
308	17 снизу	Из главы VIII известно, что определение координат целей	Пусть, например, при наличии четырех засечек по одной цели

Изд. № 3/9459. Зак. № 1166

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник выходит вторым изданием. Первое издание было выпущено в свет в 1948 г.

При подготовке второго издания учебника были учтены новые требования к звуковой разведке, исходящие из условий современного боя, а также критические замечания рецензентов и лиц, пользующихся учебником первого издания.

Содержание всех глав учебника первого издания тщательно просмотрено и приведено в соответствие с современными методами боевого использования средств звуковой разведки.

В главе I дан новый параграф «Краткий исторический очерк развития звуковой разведки».

В главе II значительно расширен вопрос о распространении ударных волн.

В главе III наряду с описанием применяемого в настоящее время способа изложена сущность нового способа учета распределения метеорологических данных по высоте.

Глава IV значительно расширена за счет включения описания аппаратуры звукометрической станции СЧЗ-6. Описание станции СЧЗМ-36 дано в более сокращенном виде.

Большой переработке подверглась глава IX. Содержание ее расширено и изложено в двух главах IX и X. В IX главе введен новый параграф о работе подразделений звуковой разведки на коротких акустических базах.

Глава XII первого издания изъята. Часть вопросов главы XII изложены в главе X.

Кроме того, содержание всех глав учебника приведено в соответствие с содержанием Наставления артиллерии Советской Армии «Артиллерийская звуковая разведка» и правилами стрельбы батарей наземной артиллерии, а также с современными требованиями науки и техники.

Автор приносит свою глубокую благодарность коллективу преподавателей артиллерийской звуковой разведки 2-го Ленинградского артиллерийского училища, инженер-полковнику **Смирнову А. И.**, полковнику **Звереву В. Я.**, подполковнику **Богданову В. В.**, подполковнику **Сергееву В. В.** и другим товарищам, приславшим свои замечания по первому изданию учебника и принявшим участие в рецензировании рукописи данного издания.

АВТОР

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

§ 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ЗАДАЧИ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ РАЗВЕДКИ (АИР)

Звуковая разведка является одной из составных частей артиллерийской инструментальной разведки (АИР). Назначение артиллерийской инструментальной разведки — обеспечивать боевую работу артиллерии и вести:

а) разведку противника для обеспечения артиллерийского огня;

б) разведку местности и ее подготовку в топографическом отношении;

в) разведку атмосферы;

г) обслуживание стрельбы по измеренным отклонениям.

Основными задачами артиллерийской инструментальной разведки являются:

1. Определение положения важнейших для артиллерийского огня целей во всей глубине боевого порядка противника.

2. Обеспечение массированного огня артиллерии на всех дальностях стрельбы.

3. Наблюдение за полем боя и огневой деятельностью противника.

Артиллерийская инструментальная разведка состоит из:

— звуковой разведки;

— оптической разведки;

— радиотехнической разведки и служб: топографической, фотограмметрической, метеорологической.

Артиллерийская инструментальная разведка, имеющая в своем составе все виды современной разведки артиллерии противника, является мощным разведывательным средством. Органы артиллерийской инструментальной разведки обычно ведут разведку одновременно в одних и тех же районах и путем взаимной проверки и дополнения обеспечивают наибольшую полноту и достоверность получаемых разведывательных данных.

Основываясь на опыте Великой Отечественной войны, можно сказать, что артиллерийская инструментальная разведка играет

исключительно важную роль в деле обеспечения боевой работы артиллерии и является одним из главных средств разведки артиллерии противника.

§ 2. ЗАДАЧИ И СВОЙСТВА ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

Задачами звуковой разведки являются:

— разведка батарей (орудий) наземной и зенитной артиллерии и минометных батарей (минометов) противника по звуку их выстрелов;

— обслуживание стрельбы своей артиллерии (минометов).

Разведка заключается:

— в определении координат стреляющих батарей (орудий, минометов) противника;

— в определении числа орудий (минометов) в батарее, их калибра и системы;

— в выявлении ложных орудий (минометов);

— в наблюдении за огневой деятельностью разведанных артиллерийских и минометных батарей (орудий, минометов).

Обслуживание стрельбы своей артиллерии заключается в определении отклонений разрывов снарядов от цели при пристрелке непосредственно по цели, в определении координат звукового репера для переносов огня и в контроле стрельбы.

Звуковая разведка в своей работе использует звук выстрела (разрыва снаряда), поэтому ее работа зависит главным образом от условий слышимости (от метеорологического состояния атмосферы).

При соответствующих условиях слышимости звуковая разведка может вести разведку целей не только днем, при хорошей видимости, но и в туман, ночью, на лесистой и пересеченной местности. Независимость от условий видимости является одним из основных и положительных свойств звуковой разведки. Это свойство приобретает еще большее значение в условиях, когда противник применяет различного рода маскировку своих орудий, вследствие чего последние очень часто становятся совершенно не наблюдаемыми с наземных пунктов и с самолета (вертолета).

Звуковая разведка в меньшей степени, чем оптическая, зависит от рельефа местности, от местных предметов и подстилающей поверхности. Это также положительное свойство звуковой разведки. Аппаратура звуковой разведки рассчитана на прием только звуков выстрелов, разрывов и взрывов. Шум машин, находящихся не ближе 400—600 *м* от звуковых постов, на работу звуковой разведки не влияет.

Одним из отрицательных свойств звуковой разведки является зависимость ее от состояния метеорологических элементов. Зависимость эта заключается в том, что дальность распространения звука, а следовательно, и дальность работы звуковой разведки, сильно меняется с изменением состояния атмосферы. При средних метеорологических условиях (при средних условиях слышимости) дальность засечки, считая от линии звуковых постов, в зависимости

от системы и калибра стреляющих орудий и минометов характеризуется следующими величинами:

	Артиллерийские орудия						Минометы		
	пушки				гаубицы		ствольные		реактивные
Калибр, *мм*	57	85	122	152	122	152	82	120	—
Дальность, *км*	5	10	15	18	10	14	4	6	3—4

Указанные дальности засечки относятся к станции СЧЗ-6.

Под средними условиями слышимости подразумеваются условия, которые создаются при работе на среднепересеченной и открытой местности и при условии, когда основная кривая скорости звука (см. главу III) идет примерно горизонтально, т. е. скорость звука с высотой не изменяется.

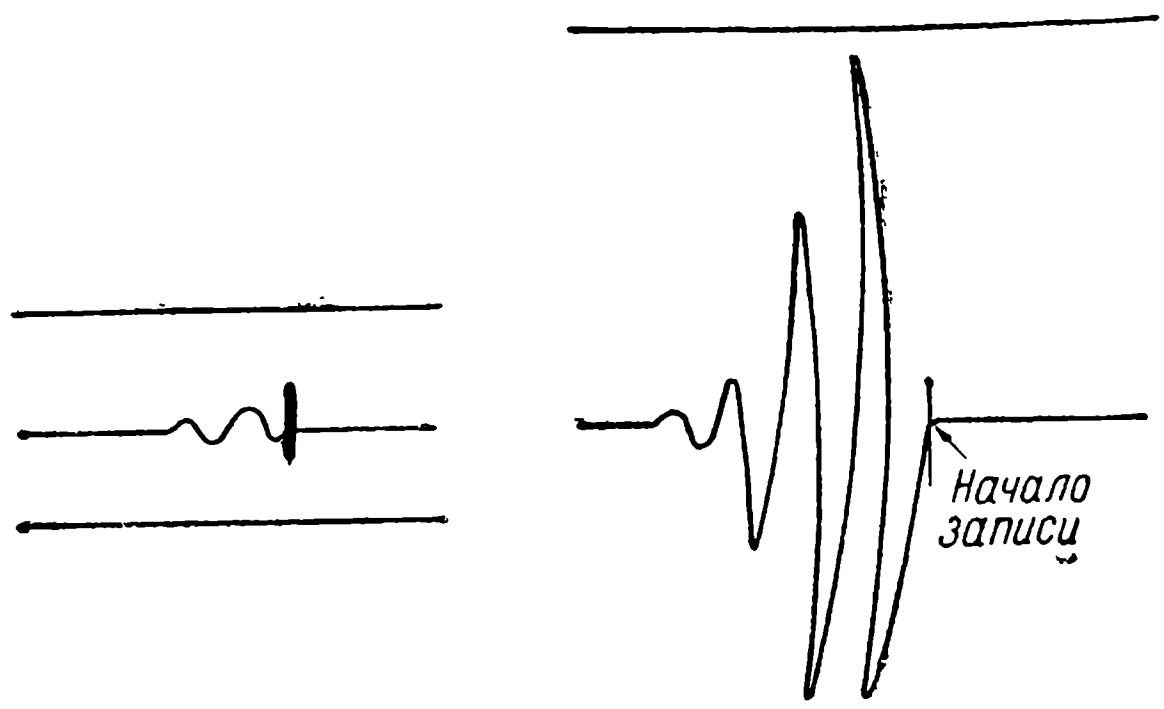


Рис. 1. Записи, полученные при стрельбе из одного орудия при разных метеорологических условиях

При плохих или хороших условиях слышимости дальность засечки соответственно уменьшается или увеличивается в полтора — два раза. Так, например, при плохих условиях слышимости дальность засечки выстрела 152-*мм* гаубицы достигает 6 *км*, а при благоприятных условиях слышимости дальность засечки выстрела этого же орудия достигает 25 *км*. При неблагоприятных условиях падает и точность засечки.

На рис. 1 представлены две записи звуковых волн, полученные при стрельбе из одного и того же орудия (340-*мм* пушки) и при одной и той же дальности засечки (4 *км*). Правая запись, полученная при благоприятных условиях, в несколько раз больше левой, полученной при неблагоприятных метеорологических условиях. Начало у правой записи (отмеченное черточкой) более резкое, чем у левой.

Вторым отрицательным свойством звуковой разведки является зависимость ее от интенсивности артиллерийского и минометного

огня как своих войск, так и от войск противника. Чем больше звуков выстрелов и разрывов снарядов принимает и записывает звукометрическая станция в единицу времени (в одну секунду), тем труднее вести разведку целей, так как затрудняется обработка записей, увеличивается время для определения координат целей и тем самым замедляется получение разведывательных данных. Так обстоит дело, например, в период артиллерийской подготовки.

При количестве звуков более трех в секунду работа звуковой разведки практически становится почти невозможной.

§ 3. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

История развития звуковой разведки в нашей стране тесно связана с историей развития русской и советской артиллерии. Известно, что в начале XIX в. дальность стрельбы артиллерии не превосходила 1 *км*. В этих условиях артиллерия вела огонь прямой наводкой по хорошо наблюдаемым целям и в каких-либо специальных акустических средствах разведки необходимости не было. Но с увеличением дальности стрельбы и с развитием оптических прицелов и углоизмерительных приборов артиллерия приобрела возможность вести огонь из-за укрытий по не наблюдаемым с наземных пунктов целям.

В период русско-японской войны русскими артиллеристами впервые в истории войн стрельба с закрытых позиций стала применяться в достаточно широком масштабе. Вслед за ними такой вид стрельбы стал применяться артиллеристами японской армии.

В этих условиях естественно появилась необходимость применения акустических приборов для разведки огневых позиций противника.

Первенство в изобретении звукометрической станции и создания нового вида артиллерийской инструментальной разведки принадлежит нашей Родине.

В России в 1909 г., раньше чем в какой-либо другой стране, был разработан метод определения координат звучащих целей, названный методом разности времен, и в том же году была создана первая звукометрическая станция. В первых звукометрических станциях вместо звукоприемников использовались специальные наблюдатели-слухачи и в качестве регистрирующего прибора трехсигнальный хроноскоп. Такой «субъективный» способ определения времени подхода звуковой волны обладал сравнительно низкой точностью, не превышающей 0,1 сек. В дальнейшем для повышения точности засечки слухачи были заменены звукоприемниками мембранного типа. Усовершенствованию подверглась и конструкция хроноскопов. Вместо трехсигнальных хроноскопов были созданы четырехсигнальные, рассчитанные на работу с четырьмя звукоприемниками.

Первые испытания звукометрических станций были проведены на Главном артиллерийском полигоне. В 1910 г. испытания были

продолжены в г. Ковно; эти испытания показали положительные результаты — ошибки засечки целей по дальности не превышали 3% дальности.

В июле 1914 г. Россия вступила в первую мировую войну и уже в августе первый звукометрический отряд в количестве шести человек впервые в условиях боевой обстановки засек стреляющую батарею противника. Этим самым была открыта первая страница истории боевого применения звуковой разведки для засечки артиллерийских батарей противника.

В сентябрьских боях на реке Висле этот отряд засек уже три батареи противника, а в ноябре того же года на краковском направлении отряд удачно провел корректирование огня по засеченным целям.

Дальнейшее успешное применение звуковой разведки в боевых условиях показало, что звуковая разведка является одним из самых эффективных средств артиллерийского инструментального разведывания при определении расположения стреляющих батарей противника.

Наряду с первой принятой на вооружение звукометрической станцией в период первой мировой войны был создан ряд оригинальных конструкций звукометрических станций, способствовавших дальнейшему развитию акустической аппаратуры. В 1914—1915 гг. русскими конструкторами Володкевичем, Желтовым, Левиным, Лебеденко и др. впервые разработаны звукометрические станции хронографического типа с записью моментов подхода звуковых волн от звукоприемников.

Применение хронографического метода записи при обеспечении высокой чувствительности звукоприемников к звуковым сигналам определило наиболее рациональные пути развития звукометрической аппаратуры.

Володкевич и Желтов совместно сконструировали регистрирующий прибор, в котором впервые вместо секундомера-хроноскопа применен лентопротяжный механизм.

Одновременно с этим инженер-механиком Левиным была разработана станция, в которой впервые в истории техники звукометрии была применена чернильная запись на регистрирующем приборе. Станция имела лентопротяжный механизм, который приводился в действие при помощи часовой пружины с регулятором.

В связи с разработкой звукометрической станции Левина в 1915 г. в Московском аэродинамическом институте были проведены первые наиболее полные исследования теоретических принципов звуковой разведки.

В 1914 г. впервые в истории звукометрии конструктором Лебеденко была создана звукометрическая станция, в которой был применен хронографический метод записи с использованием мембранных звукоприемников.

В Западной Европе приборы звуковой разведки появились лишь в период первой мировой войны, т. е. пять лет спустя после появления их в России. Французский ученый Эсклангон, много занимав-

шийся вопросами звуковой разведки, писал, что идея метода разности времен была представлена впервые им в Географический отдел Управления французской армии в начале сентября 1914 г. Таким образом, идея метода разности времен возникла во Франции значительно позже, чем в России.

Несмотря на настойчивые и плодотворные попытки русских конструкторов решить задачу обеспечения армии новым мощным средством артиллерийского инструментального разведывания — звуковой разведкой, последняя за время первой мировой войны не получила широкого применения. С одной стороны, это происходило в силу весьма скудной технической базы в России того времени, а с другой стороны, вследствие недооценки значения звуковой разведки отдельными руководителями царской армии, рассматривавшими звуковую разведку как излишнюю, ненужную затею.

Широкий размах и общее признание звуковая разведка получила в нашей стране только после Великой Октябрьской социалистической революции. Советское правительство на основе изучения опыта первой мировой войны правильно оценило роль звуковой разведки в артиллерии и поставило вопрос о ее развитии на высокую научно-техническую базу.

К усовершенствованию методов и приборов звуковой разведки были привлечены наряду со старыми специалистами молодые ученые.

В 1927 г. талантливыми советскими конструкторами Данилевским и Евтюховым была разработана оригинальная станция ДЕ-27. Станция «ДЕ» Данилевского и Евтюхова с микрофоном теплового действия в 1930 г. была принята на вооружение Советской Армии. После существенной конструктивной доработки в 1932 г. на вооружение была принята усовершенствованная станция «ДЕ» с угольным микрофоном, которая с небольшими изменениями просуществовала до 1938 г. В 1936 г. положено начало созданию звукометрической станции СЧЗ-36 (станция с чернильной записью 1936 г.). После изменения системы синхронизации станция стала называться СЧЗМ-36, что означает «станция с чернильной записью модернизированная образца 1936 г.». Станция СЧЗМ-36 в 1938 г. была принята на вооружение Советской Армии.

Станция СЧЗМ-36 прошла большие испытания в период войны с белофиннами и успешно была использована в период Великой Отечественной войны. Опыт Великой Отечественной войны показал также, что наша звукометрическая станция, методы работы звуковой разведки и подготовка звукометрических кадров стояли на более высокой ступени, чем в армиях зарубежных стран.

Советские звукометристы показали себя достойными помощниками славных советских артиллеристов. Они достаточно точно определяли координаты огневых позиций артиллерии и минометов противника и обеспечивали высокую эффективность стрельбы своей артиллерии по разведанным целям. Ряд боевых примеров о боевой работе подразделений звуковой разведки приведен в главах IX и X.

Здесь же достаточно указать, что еще в первые годы войны на одном только Донском фронте в период Сталинградской операции за декабрь и январь подразделениями звуковой разведки было засечено 739 батарей противника. По отзывам артиллерийских начальников звуковая разведка в эту операцию являлась основным средством разведки артиллерии противника и сыграла значительную роль в борьбе с ней. В последующих операциях звуковая разведка играла еще большую роль в борьбе с артиллерией противника.

Новая звукометрическая станция СЧЗ-6 имеет перед станцией СЧЗМ-36 ряд преимуществ, что позволяет в еще лучшей степени обеспечивать боевую работу артиллерии.

Сокращенное наименование станции СЧЗ-6 означает «станция с чернильной записью, предназначенная для работы на шести звуковых постах».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ I

1. Какое назначение имеет артиллерийская инструментальная разведка?
2. Какие основные задачи возлагаются на артиллерийскую инструментальную разведку?
3. Каковы основные свойства звуковой разведки?
4. Какова дальность засечки орудий и минометов?
5. Где и когда впервые была разработана звукометрическая станция?

ГЛАВА II

ЗВУКИ ВЫСТРЕЛОВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИХ В АТМОСФЕРЕ

§ 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ АКУСТИКИ

Для решения основных задач звуковая разведка использует звуки, возникающие при выстрелах из орудий и минометов и при разрывах снарядов и мин. Исходя из этого необходимо прежде всего познакомиться с природой звуковых явлений, которые излагаются в разделе физики, именуемом акустикой.

Акустика — это наука о колебательных движениях или просто о колебаниях, которые возникают и распространяются в упругих средах и телах, а следовательно, и в воздухе.

Для возникновения механического колебательного движения необходимо прежде всего наличие материального тела, имеющего массу m. Тело или система тел, участвующих в колебательном процессе, называется **колебательной системой** (например, струна, мембрана и т. п.). Это тело должно обладать упругостью, т. е. способностью восстанавливать свое первоначальное положение (положение равновесия) после того, как какая-либо внешняя сила выведет его из этого положения.

Упругость колебательной системы характеризуется упругой силой F, под влиянием которой тело способно восстанавливать свое первоначальное положение (положение равновесия) после того, как какая-либо внешняя сила вывела его из этого положения.

Упругая сила F связана с жесткостью системы k таким соотношением:

$$F = -k\xi, \tag{1}$$

где ξ — отклонение колеблющегося тела от его положения равновесия в данный момент времени t.

Из выражения (1) видно, что сила F направлена в сторону, противоположную отклонению ξ, т. е. в сторону равновесия.

Сила F измеряется в динах. 1 дина $= 1\ г \cdot см/сек^2$.

Величина ξ измеряется в сантиметрах, следовательно, величина жесткости будет измеряться в динах на сантиметр, т. е. единица жесткости будет:

$$1\ дн/см = 1\ г/сек^2,$$

Колебания в упругих телах возникают под воздействием внешней силы, действующей на тело некоторое время и выводящей его из положения равновесия. Если внешняя сила потребовалась лишь для того, чтобы вывести тело из положения равновесия, и после этого тело будет колебаться самостоятельно под воздействием лишь сил упругости, то возникающие при этом колебания будут называться **свободными** колебаниями.

Примером свободных колебаний являются колебания ветвей камертона, выведенных из состояния равновесия, например, ударом по ним. Если же на тело во время его колебательного движения будет действовать внешняя сила постоянно и непрерывно, то колебания будут **вынужденными**, а соответствующая сила — **вынуждающей силой.** Примером вынужденных колебаний являются колебания ветвей камертона регистрирующего прибора при работе электромагнита этого камертона.

В твердых телах возникают и распространяются колебания двух видов — **продольные** и **поперечные**, а в газах — только продольные колебания.

Продольными колебаниями называются такие, при которых колебание частиц происходит вдоль направления распространения колебаний.

Поперечными колебаниями называются такие, при которых колебания частиц происходят перпендикулярно направлению распространения колебаний.

Колебательные движения бывают **простые** и **сложные.**

Отклонения, которые получает тело от положения равновесия при простом колебательном движении, подчиняются закону, который математически выражается следующей формулой:

$$\xi = A \sin (\omega t - \varphi_0), \qquad (2)$$

где A — величина максимального отклонения колеблющегося тела от положения равновесия, называемая **амплитудой колебания;**

ω — **круговая частота колебаний**, т. е. число колебаний тела в 2π секунд (приблизительно в 6,28 секунды);

$\omega t - \varphi_0 = \Phi$ — **фаза колебания;**

φ_0 — **начальная фаза**, соответствующая началу движения.

Фазой колебания называется величина, характеризующая положение колеблющегося тела в некоторый момент времени t относительно начального положения этого тела, когда оно было в равновесии. Фаза выражается в радианах (иногда в градусах).

Закон отклонений в простом колебательном движении, выражаемый формулой (2), можно изобразить графически при помощи прямоугольных координат (рис. 2). Будем откладывать по оси абсцисс фазы колебания, отвечающие последовательным моментам времени t, а по оси ординат — соответствующие величины отклонений, задавшись предварительно определенной величиной амплитуды колебания. Соединив полученные точки плавной линией, мы полу-

чим кривую, называемую **синусоидой**, которая и будет являться графическим изображением колебательного процесса [1].

Цикл движений колеблющегося тела, начиная с момента выхода его из некоторого начального положения и кончая моментом возвращения его в это исходное положение, после того как это тело достигнет один раз максимального отклонения в одну сторону и один раз в другую сторону, называется **одним полным колебанием.**

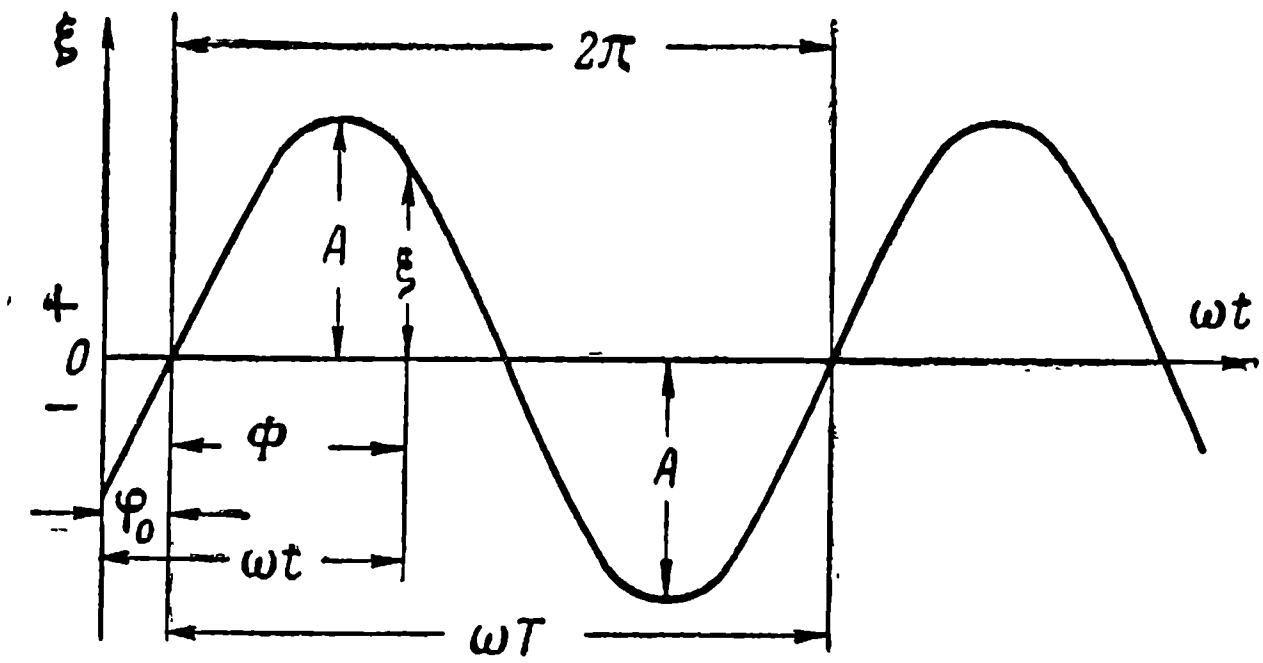


Рис. 2. Графическое изображение колебательного процесса

Простое колебательное движение есть движение периодическое. Промежуток времени, в течение которого колеблющееся тело совершает одно полное колебание, называется **периодом колебания** и обозначается буквой T.

Число колебаний, которое тело совершает за 1 секунду, называется **частотой колебаний** (n). Единица частоты — 1 колебание в 1 секунду — носит название **герц** (*гц*). 1 герц равен 1 колебанию в секунду.

Частота колебаний связана с периодом колебания соотношением

$$n = \frac{1}{T}.$$

Следовательно, **частота есть величина, обратная периоду.**

С круговой частотой ω частота колебаний n связана формулой

$$\omega = 2\pi n. \qquad (3)$$

Физический смысл круговой частоты можно пояснить такой формулой:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \qquad (4)$$

где k — жесткость системы;

m — масса системы.

Измерив жесткость и массу системы, можно узнать частоту, с которой она будет совершать колебательные движения, если

[1] При $\varphi_0 = 0$ начало синусоиды будет на оси абсцисс в точке O.

вывести ее из положения равновесия. Например, жесткость мембраны, установленной в капсюле микрофона, $k = 2 \cdot 10^7$ *дн/см* и масса мембраны $m = 9$ *г*.

Отсюда $\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^7}{9}} \approx 1491$ или $n = \frac{1491}{2\pi} \approx 238$ колебаний в секунду.

Частота свободных колебаний системы, зависящая только от ее жесткости и массы, носит название **частоты собственных** колебаний. Значит, частота собственных колебаний мембраны равна 238 колебаниям в секунду.

Если энергия, полученная колеблющимся телом, при выводе его из равновесия не рассеивается во время колебаний, то колебания будут происходить с постоянной амплитудой. Такие колебания называются **незатухающими** (колебания ветвей камертона регистрирующего прибора при работе его электромагнита). Если же полученная энергия будет рассеиваться и не будет пополняться извне, то колебания будут **затухающими** (колебания ветвей камертона регистрирующего прибора при выключенном электромагните).

В большинстве случаев, встречающихся на практике, колебательные движения бывают **сложными,** т. е. такими, которые состоят одновременно из ряда простых колебательных движений с различными амплитудами и частотами.

С целью изучения сложных колебательных движений их обычно записывают и разлагают на ряд простых [1].

При разложении сложных колебаний на простые определяются частоты и амплитуды простых колебаний. По этим частотам и амплитудам строятся графики, которые называются **акустическими спектрами.** Графики на рис. 3 представляют: *а* — спектр дульной волны и *б* — спектр баллистической волны. Из графика спектра дульной волны видно, что наибольшей энергией обладают колебания с частотой порядка 10—20 колебаний в секунду.

Человеческое ухо чувстви-

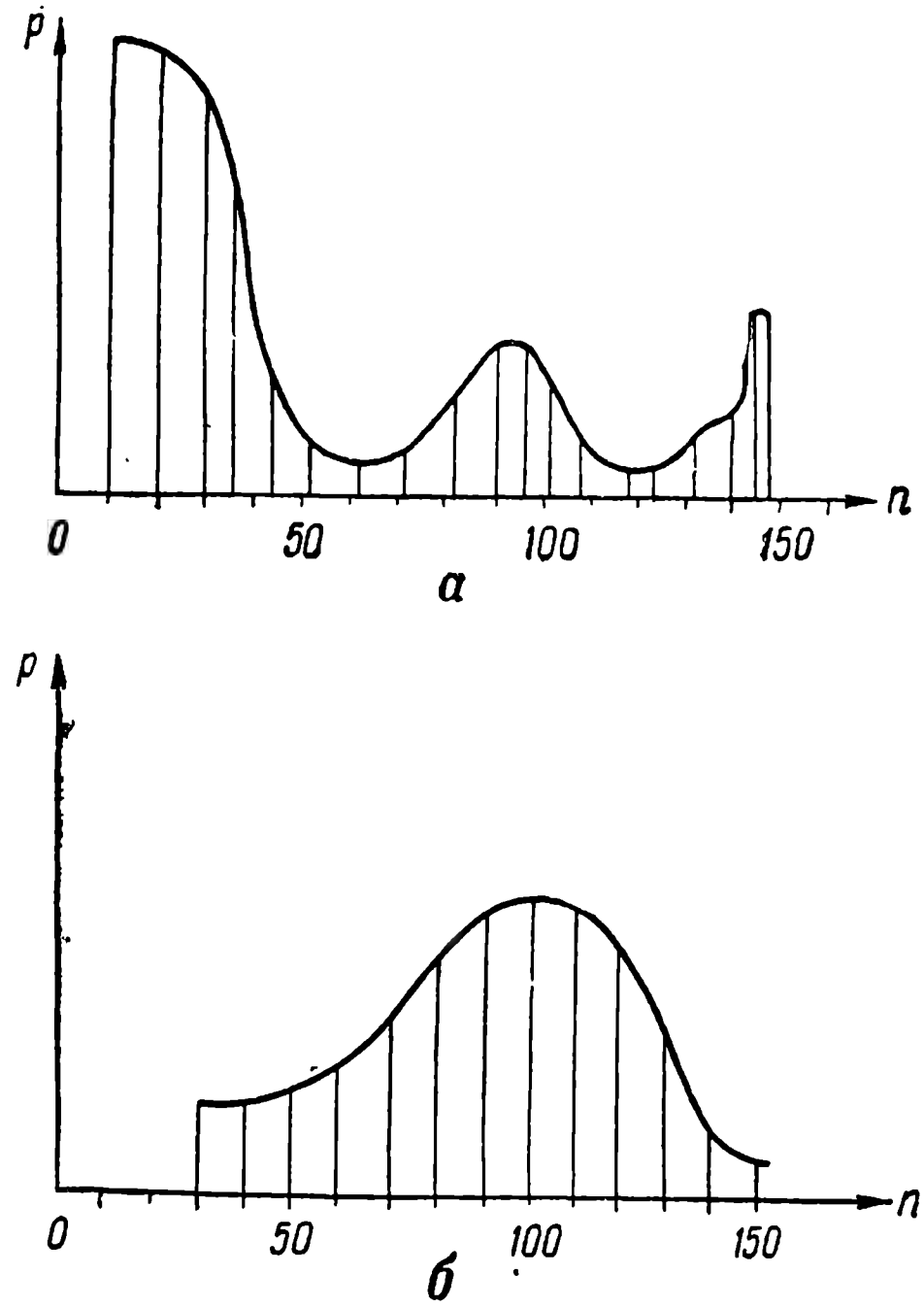


Рис. 3. Акустический спектр:
а — дульной волны; *б* — баллистической волны

[1] Разложение сложных колебательных движений на простые производится при помощи специальных приборов, называемых анализаторами.

тельно только к звукам определенных частот. Исследования показывают, что большинство людей может воспринимать звуки, частота которых лежит в пределах примерно от 16 до 20 000 *гц*. Частоты, лежащие в этих пределах, называются звуковыми частотами. Колебания, частота которых меньше 16 *гц*, называются **инфразвуковыми колебаниями** или просто **инфразвуками**, а колебания, частота которых превышает 20 000 *гц*, называются **ультразвуковыми колебаниями** или просто **ультразвуками.** Таким образом, инфра- и ультразвуки относятся к категории «неслышимых» звуков. Человеческое ухо наиболее чувствительно к звуковым частотам, лежащим примерно в пределах 1000—3000 *гц*.

§ 2. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА В АТМОСФЕРЕ

Акустические волны и лучи

В § 1 настоящей главы было указано, что в газах возникают и распространяются только продольные колебания. Процесс распространения продольных звуковых колебаний в газообразной среде (в воздухе) называется **звуковой** или **акустической волной.** Акустическая волна распространяется поступательно, удаляясь от источника звука. В этом поступательном движении частицы среды (воздуха) не участвуют; они совершают лишь колебательные движения около положения своего равновесия.

Рассмотрим идеальный случай возникновения и распространения акустических волн.

Будем считать среду (например, атмосферный воздух) однородной и неподвижной. В качестве источника колебаний возьмем маленький шарик, обладающий способностью периодически расширяться и сжиматься (так называемый «дышащий» шарик), так что каждая точка поверхности этого шарика будет совершать колебательные движения по направлению его радиуса.

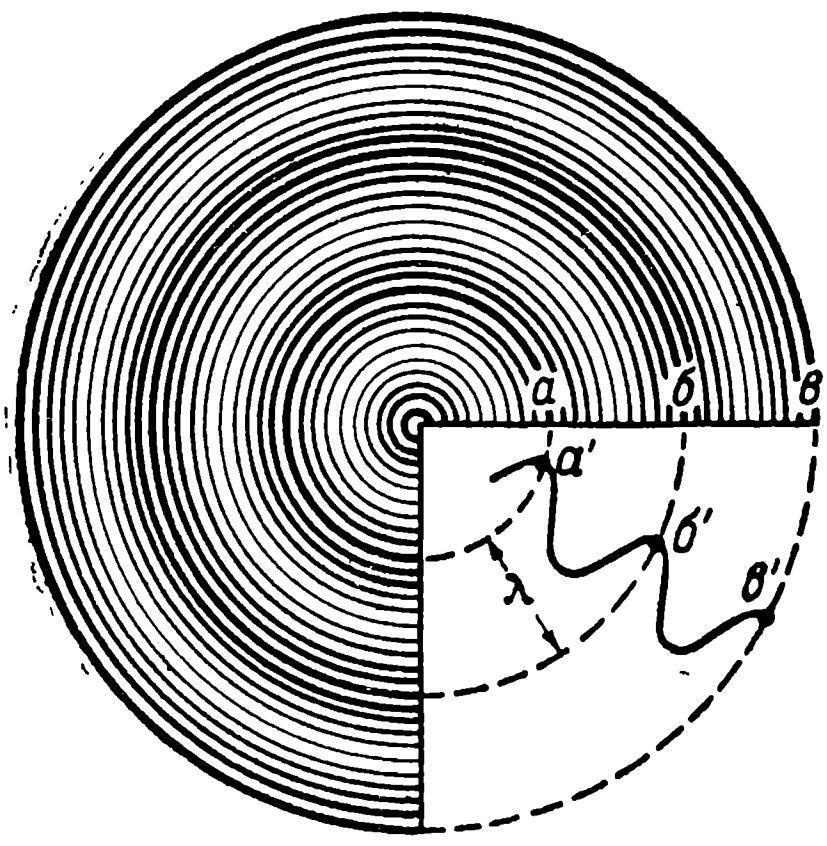


Рис. 4. Схема распространения сферических продольных волн

Очевидно, при каждом расширении шарика воздух вокруг его поверхности будет сгущаться, а при каждом сжатии — разрежаться. Вследствие этого колебания частиц воздуха, прилегающих к поверхности шарика, будут передаваться следующим слоям воздуха, от этих последних еще дальше и т. д. Таким образом, во все стороны от этого шарика будет распространяться акустическая волна, причем распространение этой волны будет сопровождаться последовательными сгущениями и разрежениями воздуха (рис. 4).

Такая волна будет распространяться во все стороны с одинако-

вой скоростью, так что волна будет одновременно достигать точек, одинаково удаленных от центра шарика. Следовательно, в каждый данный момент можно найти ряд точек, находящихся в одинаковой фазе колебания и расположенных на одной сферической поверхности. Такая поверхность, все точки которой находятся в одинаковой фазе колебания, называется **волновой поверхностью.**

Акустические волны в однородной атмосфере имеют поверхность **шаровую (сферическую)** или **плоскую.** Соответственно этому различают волны **шаровые** или **плоские.**

Шаровая волна распространяется концентрическими шаровыми волновыми поверхностями с центром в точке расположения источника звука. Поверхности шаровой волны проектируются на плоскость в виде концентрических окружностей. Громадное большинство образующихся в атмосфере акустических волн имеет шаровую форму.

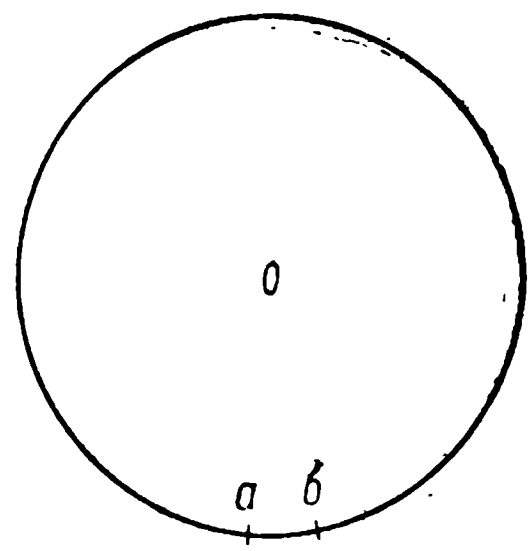


Рис. 5. Небольшой участок сферической волны *аб* можно принять за плоскую волну

Плоская волна распространяется параллельными плоскими волновыми поверхностями. Источник звука в этом случае находится на линии, перпендикулярной к волновым поверхностям. Плоские волны могут быть образованы колеблющейся плоской пластиной, причем колебания будут распространяться по обе стороны от пластины.

Отдельные небольшие части шаровой волны на достаточно большом удалении от источника звука могут быть приняты без большой погрешности за плоские волны, например, участок *аб* на рис. 5.

В каждый данный момент направление распространения колебательного движения в данной точке волновой поверхности совпадает с направлением нормали [1] к этой поверхности в той же точке.

Линии, перпендикулярные (нормальные) к последовательным положениям волновых поверхностей и проходящие через точку нахождения источника звука, называются **акустическими лучами.** В частном случае для шаровых волн в однородной и неподвижной атмосфере лучи идут по радиусам, проведенным из центра шаровой волны. Для плоских волн лучи перпендикулярны к волновой поверхности и параллельны между собой. В неоднородной или движущейся атмосфере акустические лучи будут криволинейными, о чем подробно будет сказано в § 4 настоящей главы.

Распространение акустических колебаний сопровождается попеременными сжатиями и разрежениями воздуха. На рис. 6 схематически показано расположение частиц воздуха при прохождении плоской волны в определенный момент времени. В местах наибольшего сгущения частиц воздуха появляется и наибольшее давление его, и наоборот. Колебания давления воздуха в данной точке можно изобразить графически, если по оси абсцисс откладывать

[1] Нормалью к поверхности называется перпендикуляр, проведенный из данной точки поверхности к плоскости, касательной к поверхности в этой точке.

время, а по оси ординат — соответствующие изменения давления, возникающие при прохождении акустической волны (рис. 7).

Из рис. 7 видно, что колебания давления изображаются графически также в виде синусоиды.

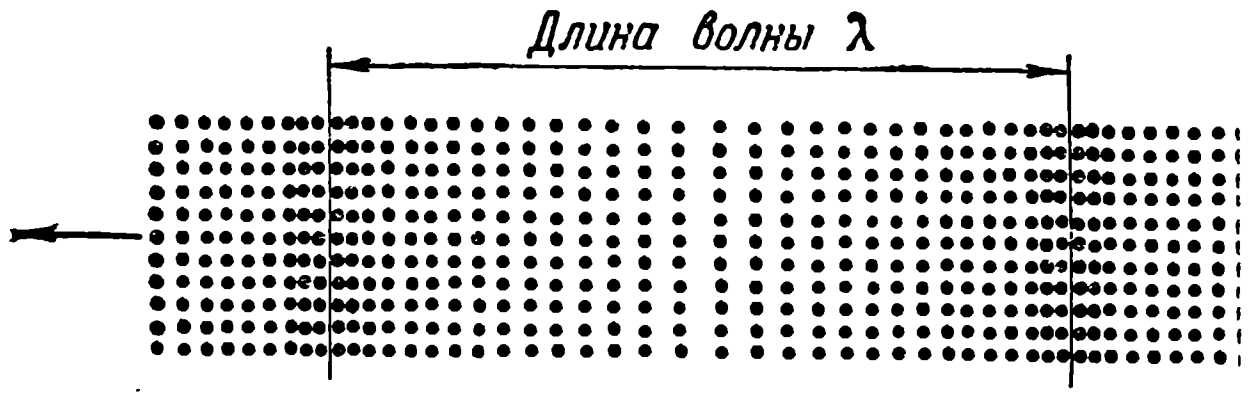


Рис. 6. Схема плоской акустической волны

Расстояние между двумя ближайшими друг к другу частицами, имеющими одну и ту же фазу колебания, называется длиной волны и обозначается через λ (см. рис. 4 и 6).

Изменение давления в акустической волне измеряется в **барах. Бар** — единица давления. В системе *CGS*: **1 бар = 1 дина** на 1 *см*² *.

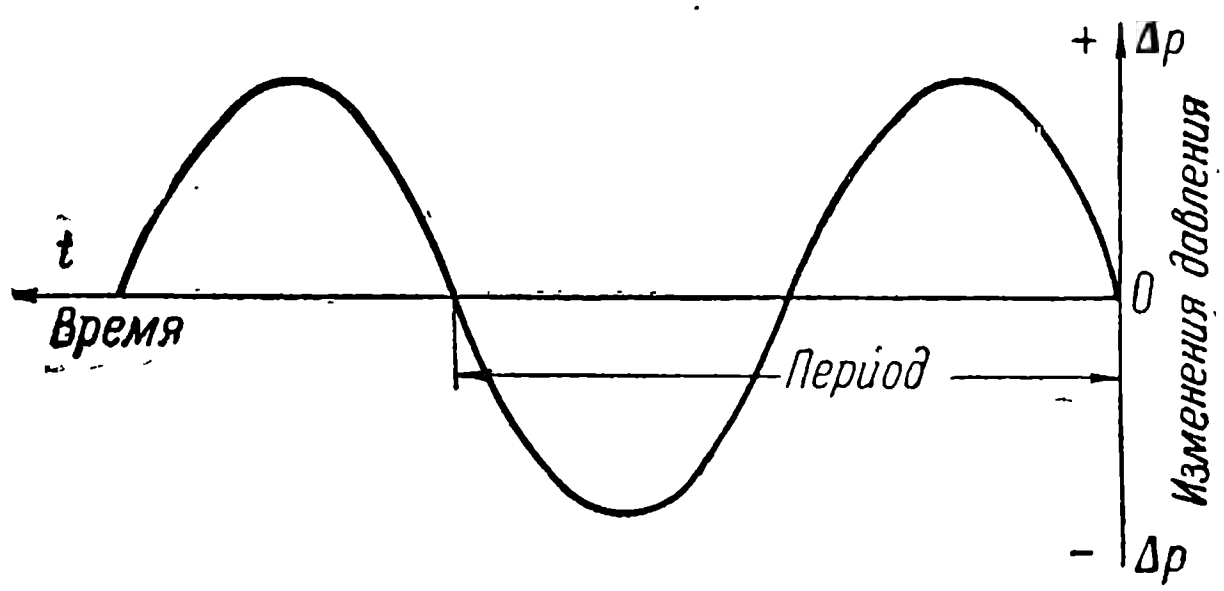


Рис. 7. График изменения давления при прохождении акустической волны

Бар равен примерно 0, 000001 нормального атмосферного давления. Соотношение между баром и 1 *мм* высоты ртутного столба такое: 1 *мм* = 1333 бара.

Громкий разговор, хлопки в ладоши на расстоянии 1 *м* вызывают давление порядка нескольких бар. Дульная волна 152-*мм* орудия на расстоянии 4 *км* от орудия имеет давление порядка 50 бар, а на расстоянии 10 *км* около 8 бар.

Одновременно с изменением давления в данной точке воздушной среды происходит изменение ее температуры. Причиной этого явления служит превращение механической энергии в тепловую при сжатиях; обратное действие происходит при разрежениях. Сжатия и разрежения при прохождении акустической волны возникают и чередуются так быстро, что при весьма малой теплопроводности воздуха возникающая от этого разность температур между соседними

---

* В метеорологии бар — единица давления, в миллион раз большая, т. е. 1 бар = 1 000 000 *дн/см*².

слоями воздуха не успевает выравниваться. Следовательно, изменения давления в акустической волне являются **адиабатическим процессом** — процессом без перехода тепла.

Скорость звука в атмосфере при отсутствии ветра

Распространение акустических волн в атмосфере происходит с определенной скоростью, называемой **скоростью звука** (C).

Между скоростью звука C, длиной волны λ и периодом колебаний T или их частотой n существуют следующие соотношения:

$$C = \frac{\lambda}{T}, \text{ или } C = \lambda n,$$

откуда

$$\lambda = \frac{C}{n}. \tag{5}$$

Следовательно, зная скорость звука и частоту колебаний, всегда можно определить длину волны.

Скорость звука зависит от состояния атмосферы, а именно — от ее упругости p и плотности ρ. Зависимость скорости звука от этих факторов установил еще Ньютон, выразив ее в виде следующей формулы:

$$C = \sqrt{\frac{p}{\rho}}.$$

Однако вычисляемые по этой формуле значения скорости звука не согласуются с опытными данными. По формуле Ньютона скорость звука в «нормальных» условиях оказывается равной 280 *м/сек*. В действительности же она на 18% больше.

Причину такого расхождения объяснил Лаплас. Он показал, что Ньютон считал процесс распространения акустических волн **изотермическим,** т. е происходящим без изменений температуры, в то время как на самом деле этот процесс является **адиабатическим.** Вследствие повышения и понижения температуры в слоях сжатия и разрежения давление воздуха в этих слоях соответственно увеличивается и уменьшается в большей степени, чем это предполагал Ньютон. Вследствие этого упругость среды увеличивается и скорость звука оказывается больше, чем при изотермическом процессе.

Лаплас дал следующую формулу для скорости звука:

$$C = \sqrt{\frac{p}{\rho}\varkappa}, \tag{6}$$

где коэффициент $\varkappa$ можно считать равным показателю адиабаты k, представляющему собой отношение теплоемкости газа при постоянном давлении c_p к его теплоемкости при постоянном объеме c_v:

$$k = \frac{c_p}{c_v}.$$

Опытами установлено, что для сухого воздуха $c_p = 0{,}237$ и $c_v = 0{,}169$. Следовательно, $k = \frac{0{,}237}{0{,}169} \approx 1{,}402$.

Найдем скорость звука в сухом воздухе для «нормальных» условий (температура $t_0^\circ = 0^\circ$ С и барометрическое давление $h_0 = 760$ *мм*). Так как воздух упруг только к изменению объема, то в каждый данный момент упругость воздуха равна внешнему атмосферному давлению, которое в дальнейшем будем также обозначать буквой p. Для нормальных условий имеем:

$$p_0 = 10333 \ кг/м^2; \quad \rho_0 = \frac{П}{g} = \frac{1{,}293 \ кг/м^3}{9{,}806 \ м/сек^2},$$

где $П$ — удельный вес воздуха;

g — ускорение силы тяжести.

Подставив численные значения p_0, ρ_0 и $\varkappa$ в формулу (6), получим $C_0 = 331{,}5$ *м/сек*.

Соответствующими опытами установлено, что для нормальных условий скорость распространения звука, образующегося при выстрелах из орудий и разрывах снарядов, действительно близка к 331 *м/сек*. Исходя из этого, с достаточной для практики точностью **при работе звуковой разведки берут для нормальных условий скорость звука** $C_0 = 331$ *м/сек*.

Скорость звука в атмосфере в зависимости от температуры и влажности

На основании уравнения состояния газов подставим в формулу (6) вместо $\frac{p}{\rho}$ значение $\frac{p_0}{\rho_0} \cdot \frac{T}{273}$ и тогда формула (6) примет вид

$$C = \sqrt{\frac{p_0}{\rho_0} k \frac{T}{273}}.$$

В соответствии с этим скорость звука в сухом воздухе в зависимости от температуры будет выражаться формулой

$$C = C_0 \sqrt{\frac{T}{273}}, \tag{7}$$

где T — абсолютная температура, равная $273 + t^\circ$ (t° — температура воздуха, измеряемая по шкале Цельсия).

Принимая во внимание, что $T = 273 + t^\circ$, получим

$$C = C_0 \sqrt{1 + \frac{t^\circ}{273}}. \tag{8}$$

При приближенном извлечении корня [1] получаем

$$C = C_0 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{t^\circ}{273}\right),$$

[1] Объяснение правила приближенного извлечения квадратного корня дано в сноске на стр. 65.

или, принимая $C_0 = 331$ *м/сек*,

$$C = 331 + 0{,}6t^\circ. \tag{9}$$

Например, при $t^\circ = +15^\circ$ $C = 331 + 0{,}6 \cdot 15 = 340$ *м/сек*; при $t^\circ = -15^\circ$ $C = 331 - 0{,}6 \cdot 15 = 322$ *м/сек*.

На величину скорости звука влияет не только изменение температуры, но влияет также изменение влажности и давления. Скорость звука в зависимости от температуры, влажности и давления выражается такой формулой:

$$C = C_0 \sqrt{1 + \frac{t^\circ + 76\frac{e}{h}}{273}}, \tag{10}$$

где e — абсолютная влажность, т. е. упругость водяных паров, содержащихся в воздухе, выраженная в миллиметрах ртутного столба;

h — давление воздуха, выраженное в миллиметрах ртутного столба.

Из этой формулы видно, что при $e = 0$ скорость звука $C = C_0 \sqrt{1 + \frac{t^\circ}{273}}$, т. е. получаем опять известную нам формулу (8), где скорость звука зависит только от температуры. Если взять формулу (10) и предположить, что упругость водяных паров увеличилась на 1 *мм* (например, если упругость была равна нулю, а стала равной 1 *мм*), то при h, равном 760 *мм*, скорость звука будет равна $C = C_0 \sqrt{1 + \frac{t^\circ + 0{,}1}{273}}$.

Отсюда видно, что при изменении упругости водяных паров на 1 *мм* изменяется скорость звука на столько же, на сколько она изменяется при изменении температуры на 0,1°.

Из формулы (9) видно, что на каждый градус увеличения температуры скорость звука увеличивается на 0,6 *м/сек*, следовательно, при увеличении упругости водяных паров на 1 *мм* скорость звука увеличивается на 0,06 *м/сек*.

Выражение $t^\circ + 76\frac{e}{h}$ в формуле (10) принято выражать через t_v, и тогда формула (10) будет иметь вид:

$$C = C_0 \sqrt{1 + \frac{t_v}{273}}, \tag{11}$$

т. е. получаем формулу, очень похожую на формулу (8), где вместо t° стоит t_v. Подставляя t_v в формулу (9) вместо t°, получаем

$$C = C_0 + 0{,}6t_v. \tag{12}$$

t_v принято называть **виртуальной акустической температурой.**

---

* Вывод формулы (10) и получение коэффициента 76 при $\frac{e}{h}$ здесь не приводим.

Виртуальной акустической температурой называется такое значение температуры сухого воздуха, при котором скорость звука имеет ту же величину, что и при действительных условиях температуры и влажности. Из выражения $\left(t^\circ + 76\frac{e}{h}\right)$ видно, что виртуальная акустическая температура всегда больше измеренной температуры воздуха t. Формулы (11) и (12) выражают зависимость скорости звука от виртуальной акустической температуры или, что то же самое, от температуры и влажности.

Заметим, что в артиллерийской практике для учета плотности воздуха применяют так называемую **виртуальную температуру. Виртуальной температурой** называется такая рассчитываемая температура сухого воздуха, при которой плотность его равна плотности данного влажного воздуха. Эта виртуальная температура по своему значению мало отличается от акустической виртуальной температуры, поэтому, чтобы не вводить лишних терминов и упростить производство расчетов, в практике работы звуковой разведки условились пользоваться виртуальной температурой.

На основе формулы (11) составлена таблица (см. приложение 1). В боевой работе подразделений звуковой разведки с достаточной для практики точностью скорость звука берут в целых метрах в секунду, поэтому в указанной таблице значения скорости звука округлены до 1 *м/сек*.

Определение значений виртуальной температуры производится по таблице, данной в приложении 2, в которой значения измеренной температуры воздуха и значения поправок даны в градусах.

Значения поправок рассчитаны по формуле

$$\Delta t = 0{,}378\frac{e}{h}T,$$

где e — относительная влажность, равная 50%.

Из таблицы, данной в приложении 2, видно, что при $t < +5^\circ$ практически можно считать $t_v = t^\circ$.

При пользовании таблицей для определения скорости звука (приложение 1) надо брать значения виртуальной температуры.

Изменение давления воздуха почти не влияет на изменение скорости звука. Например, с увеличением давления воздуха на 1 *мм* при средней влажности около 6 *мм* скорость звука уменьшается только на 0,0005 *м/сек*.

Скорость звука при наличии ветра

Приступая к рассмотрению вопроса о влиянии ветра на скорость распространения звука, условимся считать атмосферу однородной и ветер на некотором ограниченном пространстве постоянным как по величине, так и по направлению. При однородной атмосфере звуковая волна будет сохранять в ней свою сферическую форму (несмотря на движение самой атмосферы).

Определим теперь скорость звука в зависимости от ветра, если последний дует под каким-либо углом к направлению наблюдатель — источник звука.

Пусть, например, источник звука находится в точке S (рис. 8), а наблюдатель в точке M и пусть ветер дует в направлении, указанном на рис. 8 стрелкой.

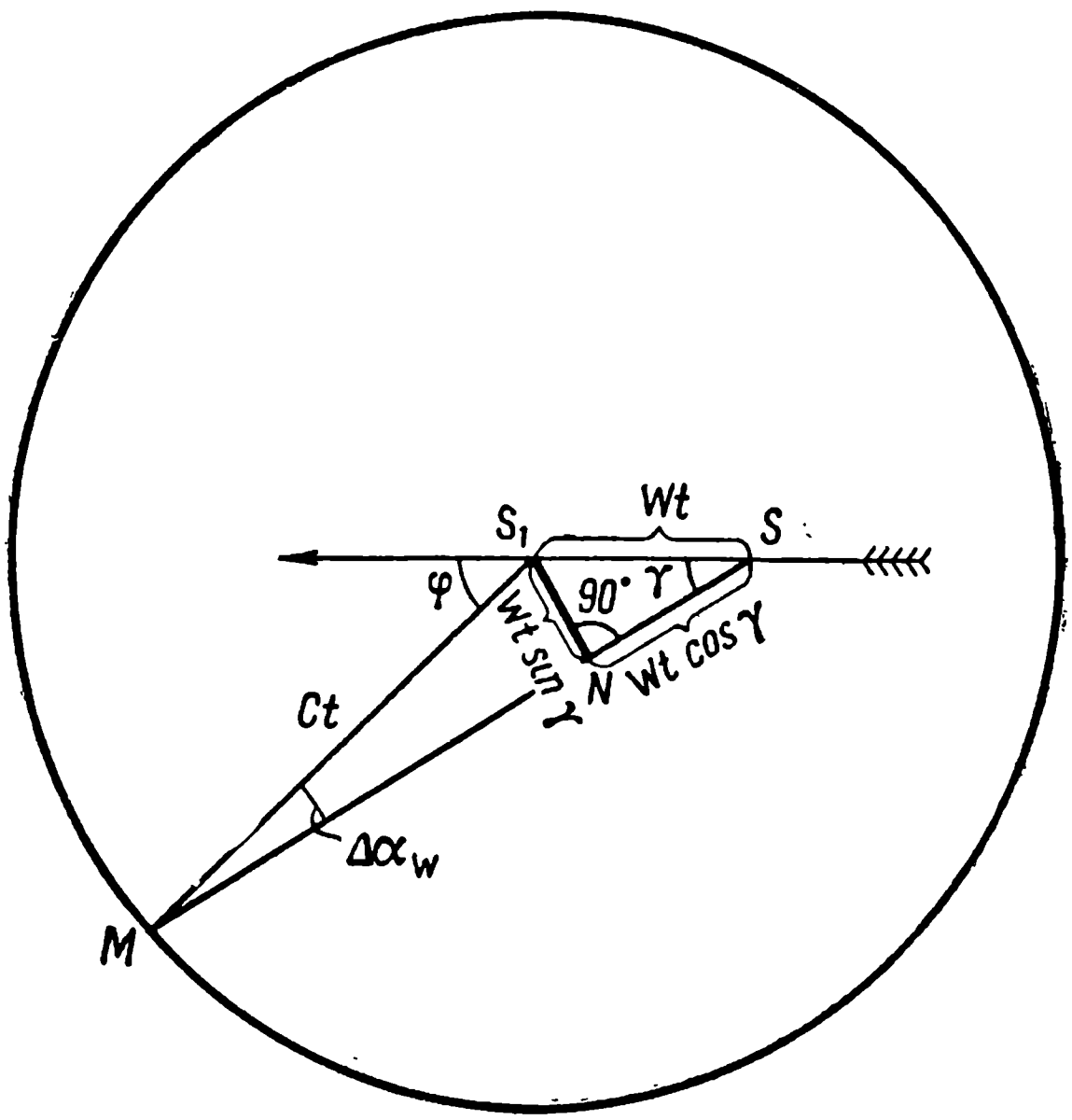


Рис. 8. Смещение центра акустической волны по направлению ветра

За время t, пока звук распространяется до точки M, центр звуковой волны переместится в точку S_1 на величину Wt. Опустим теперь перпендикуляр из точки S_1 на направление SM и обозначим основание перпендикуляра буквой N. Угол между направлением MS и направлением ветра обозначим через γ, а угол между направлением MS и MS_1 — через $\Delta\alpha_W$. Наблюдатель, стоящий в точке M, определит направление на точку S_1, так как S_1M есть луч звуковой волны с центром в точке S_1. При отсутствии ветра звук из точки S_1 дойдет до наблюдателя за время t, поэтому отрезок S_1M будет равен Ct.

В прямоугольном треугольнике MNS_1 (см. рис. 8) сторона $MN = Ct\cos\Delta\alpha_W$, а в прямоугольном треугольнике SNS_1 сторона $NS = Wt\cos\gamma$. Но так как сторона SM треугольника SMS_1 равна $MN + NS$, то

$$SM = t\,(C\cos\Delta\alpha_W + W\cos\gamma). \qquad (13)$$

Величина, стоящая в скобках, и является скоростью звука с учетом ветра.

Заметим, что угол $\Delta\alpha_W$ мал, поэтому с достаточной для практики точностью можно считать $\cos \Delta\alpha_W = 1$. Следовательно, скорость звука в зависимости от ветра можно выразить формулой

$$C_W = C + W \cos \gamma, \tag{14}$$

где C — скорость звука при данной виртуальной температуре.

Но ветер не только изменяет скорость звука, он влияет также непосредственно на определение направления на источник звука. Действительно, как выше уже указывалось, наблюдатель, стоящий в точке M, определяя направление на точку S_1, сделает ошибку на угол $\Delta\alpha_W$.

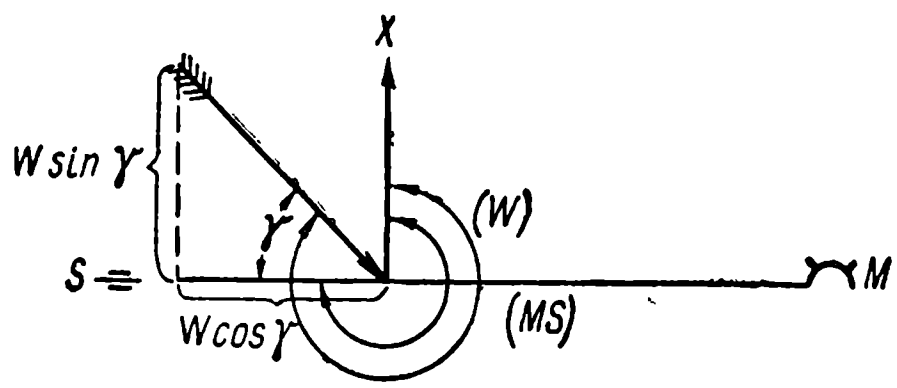


Рис. 9. Схема определения угла γ; продольная и боковая слагающие ветра

Из прямоугольного треугольника MNS_1 видно, что

$$\sin \Delta\alpha_W = \frac{NS_1}{Ct},$$

но в прямоугольном треугольнике SNS_1 отрезок $NS_1 = Wt \sin \gamma$. Подставив в последнюю формулу значение NS_1 и сократив правую часть на t, получим

$$\sin \Delta\alpha_W = \frac{W}{C} \sin \gamma. \tag{15}$$

При $W = 10$ *м/сек*, $C = 331$ *м/сек* и угле γ, близком к 90°, $\sin \Delta\alpha_W$ будет порядка 0,03 и угол $\Delta\alpha_W$ будет порядка 30 делений угломера.

Величину $W \cos \gamma$ будем называть продольной слагающей ветра и соответственно этому $W \sin \gamma$ — боковой слагающей ветра. Продольная слагающая ветра будет изменять скорость звука, а боковая будет отклонять центр звуковой волны в сторону.

Угол γ (или равный ему вертикальный угол) определяется по формуле

$$\gamma = (W) - (MS), \tag{16}$$

где (W) — дирекционный угол ветра и (MS) — дирекционный угол направления от наблюдателя (от звукового поста) на источник звука (рис. 9).

Из формулы (14) и рис. 9 видно, что при $\gamma = 0$, т. е. когда ветер дует от источника звука к наблюдателю, $\cos \gamma = 1$ и $C_W = C + W$; при $\gamma = 90°$, т. е. когда ветер дует перпендикулярно к направлению от источника звука на звуковой пост, $\cos \gamma = 0$ и $C_W = C$ и, наконец, при $\gamma = 180°$, т. е. когда ветер дует от звукового поста к источнику звука, $\cos \gamma = -1$ и $C_W = C - W$. Ввиду того, что направление ветра определяется с большими ошибками (срединная ошибка порядка 10°), в формуле (16) вместо значений дирекционного угла ветра можно брать значения буссоли ветра.

Величины $W\cos\gamma$ можно определять по таблице, данной в приложении 6.

Заметим, что при определении скорости звука по формуле (14) нам угол γ неизвестен, так как неизвестно направление SM (см. рис. 8). В момент подхода звуковой волны к наблюдателю нам известен только угол φ, составленный направлением ветра и направлением S_1M. Угол φ, как внешний угол треугольника SMS_1, равен сумме двух углов, с ним несмежных, т. е.

$$\varphi = \gamma + \Delta\alpha_W.$$

Но ввиду того, что угол $\Delta\alpha_W$ мал, без большой погрешности можно считать $\varphi = \gamma$.

Выше в наших рассуждениях мы допускали, что на определенном участке местности ветер постоянен по скорости и по направлению. В действительности же ветер обычно дует с порывами и неустойчив по направлению. На рис. 135 (см. главу VIII) дана запись ветра, из которой видно, что ветер иногда в течение долей минуты изменяется на значительную величину. Поэтому на практике обычно определяют среднее значение ветра за некоторый промежуток времени. Кроме того, мы допускали, что ветер постоянен в одной горизонтальной плоскости, в действительности же ветер, как правило, с высотой изменяется, причем это изменение происходит по направлению и по величине. В зависимости от этого меняется с высотой и скорость звука. Это положение приходится учитывать при работе звуковой разведки, о чем более подробно сказано в главе III.

§ 3. ЗВУКОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ВЫСТРЕЛЕ

Ударные волны

Звуковая разведка в артиллерии имеет дело со звуками выстрелов, разрывов снарядов и мин. Каждый выстрел влечет за собой образование двух, а иногда и трех волн: 1) дульной волны, 2) волны разрыва снаряда и 3) баллистической волны. Последняя получается в тех случаях, когда скорость полета снаряда больше скорости звука.

Все эти волны относятся к типу **ударных волн.**

Ударные волны возникают обычно при взрывах, выстрелах и других явлениях, сопровождающихся резким нарушением состояния упругой среды. Взрывчатое вещество при взрыве почти мгновенно переходит в газообразное состояние. Образовавшиеся газы, имея очень высокую температуру (несколько тысяч градусов), в первый момент взрыва занимают почти тот же объем, что и взрывчатое вещество, поэтому они сильно уплотнены и, следовательно, обладают большой упругостью. Расширяясь с большой скоростью, они резко толкают окружающие частицы, отбрасывая их во все стороны. Соседние частицы воздуха не успевают сразу же прийти

в движение, поэтому вокруг очага взрыва образуется слой сильно уплотненного воздуха — слой увеличенного давления. Вследствие дальнейшего расширения газов этот слой будет перемещаться, удаляясь во все стороны от очага взрыва. **Процесс распространения слоя увеличенного давления и называется ударной волной.** От этого процесса следует отличать перемещение самих частиц воздуха. Дело в том, что окружающие очаг взрыва частицы воздуха силой взрыва отбрасываются во все стороны и на их место становятся частицы газообразных продуктов взрыва. Отброшенные взрывом частицы воздуха не могут удаляться от очага взрыва на значительное расстояние, так как встречают со стороны окружающих масс воздуха большое сопротивление.

Расширившиеся газообразные продукты взрыва охлаждаются, и в том месте, где первоначально было сгущение, происходит разрежение. В это разреженное пространство устремляются со всех сторон окружающие массы воздуха и образуют новое сгущение, значительно слабее первого. Вслед за этим происходит новое расширение и т. д. Такие колебания в состоянии среды постепенно, хотя и в очень короткий промежуток времени, затухают, и давление в среде становится нормальным. В то же время слой с увеличенным давлением распространяется все дальше и дальше.

Чем быстрее происходит взрыв, тем быстрее нарастает давление. Небольшое количество взрывчатого вещества при взрыве быстрее превращается в газообразное состояние, поэтому ударная волна в этом случае бывает более резкая, чем при взрыве большого количества взрывчатого вещества.

Разность между максимальным давлением в ударной волне и нормальным давлением атмосферы называется избыточным давлением или **амплитудой** давления ударной волны.

Скорость распространения ударной волны в большой степени зависит от ее амплитуды. В первый момент амплитуда давления ударной волны очень велика, она измеряется десятками и сотнями атмосфер. Но по мере распространения ударной волны уменьшается избыточное давление, а вместе с ним уменьшается и скорость ее распространения; чем ближе амплитуда давления ударной волны к амплитуде давления акустической волны, тем ближе скорость распространения ударной волны к скорости распространения акустической волны. При амплитуде давления ударной волны порядка нескольких тысяч (сотен) бар скорость распространения ударной волны становится практически равной скорости распространения акустической волны и тем самым ударная волна превращается в обычную акустическую волну, распространяющуюся со скоростью звука.

Скорость ударной волны a можно определить по формуле

$$a = C\sqrt{1 + 0{,}875\,\Delta p}, * \qquad (17)$$

---

* Формула (17) взята из книги Г. А. Никитина — Основания устройства звукометрической аппаратуры. Издание Артиллерийской академии, 1947 г.

где a — скорость ударной волны;
C — скорость звука;
Δp — избыточное давление ударной волны в $кг/см^2$.

Пример. При $\Delta p = 256$ $кг/см^2$ скорость ударной волны будет равна 4965 $м/сек$.

Изменение скорости распространения ударной волны с расстоянием показано на графиках I и II рис. 10.

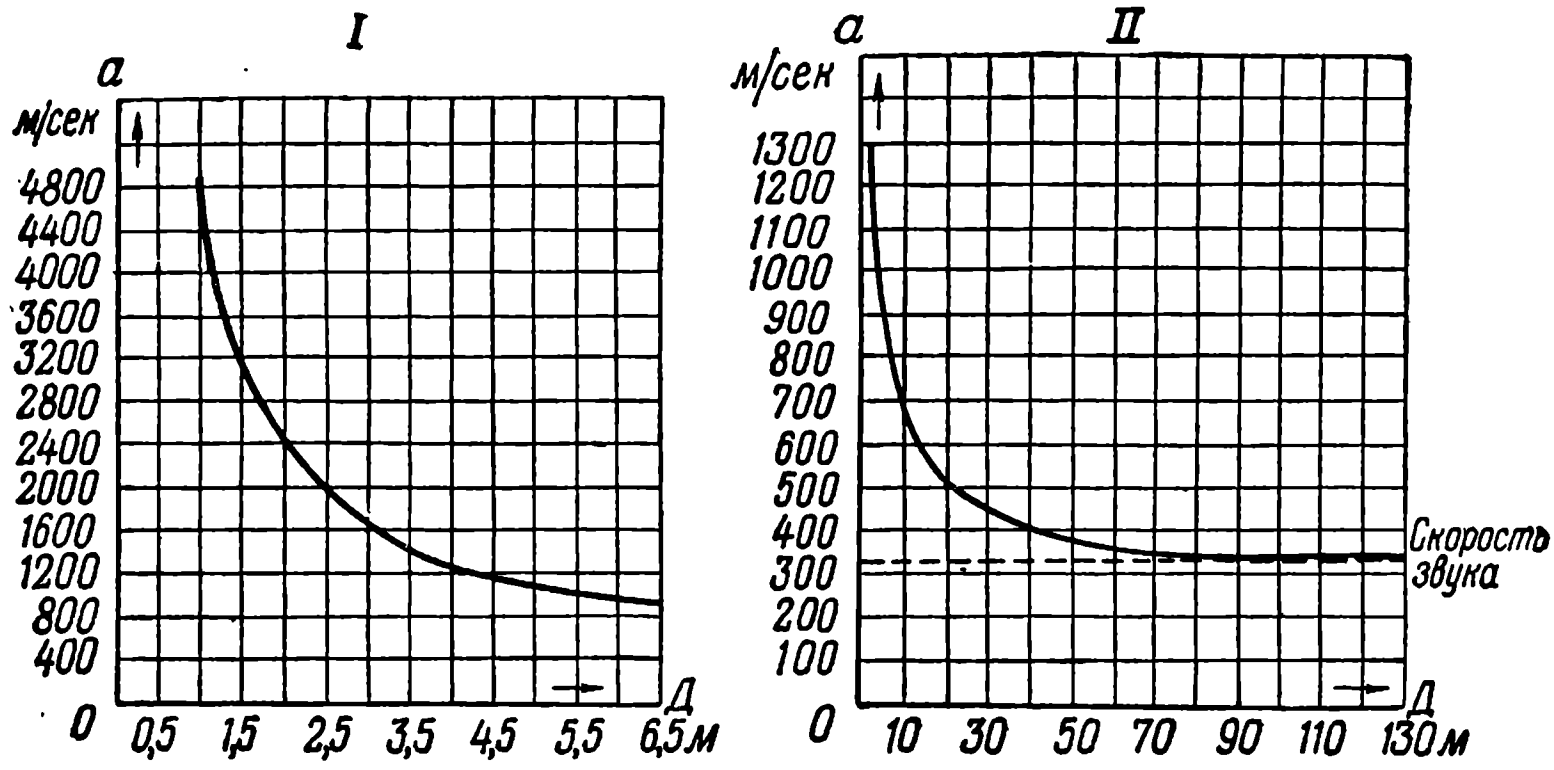


Рис. 10. Изменение скорости ударной волны в зависимости от расстояния

Таким образом, нами показано, что скорость распространения ударной волны зависит от величины избыточного давления Δp и имеет нижним своим пределом скорость звука, которая не зависит от дальнейшего изменения величины Δp.

Избыточное давление ударной волны Δp в зависимости от удаления изменяется по довольно сложному закону, однако для приближенных расчетов эту зависимость можно выразить такой формулой:

$$\Delta p = \frac{\Delta p_{макс}}{Д^n}, \qquad (18)$$

где $\Delta p_{макс}$ — максимальное избыточное давление ударной волны в месте ее образования;
$Д$ — удаление от места образования ударной волны в метрах;
n — показатель степени.

Показатель степени n изменяется в зависимости от удаления $Д$. При сравнительно небольших дальностях величину n можно принимать равной трем — двум. При дальностях, интересующих звуковую разведку, этот показатель можно практически принимать равным 1,6—1,7.

Звукоприемники могут реагировать на избыточное давление в ударной волне, равное одному бару. Приняв для наших расчетов величину показателя степени n равной 1,65, величину избыточного давления $\Delta p_{макс}$ равной 13 $кг/см^2$ (что равно избыточному давлению дульной волны в непосредственной близости от орудия 152-$мм$

калибра) и величину избыточного давления на удалении $Д$ равным 1 бару, найдем по формуле (18) это удаление:

$$Д = \sqrt[1,65]{\frac{\Delta p_{макс}}{\Delta p}} \approx 20470 \text{ м}.$$

В зависимости от ошибок определения температуры и ветра ошибку в скорости звука можно принять равной 1 *м/сек*. В соответствии с этим ударную волну можно практически принимать за акустическую при том избыточном давлении, при котором скорость ударной волны больше скорости звука на 1 *м/сек*. Пользуясь формулой (17), нетрудно найти это избыточное давление

$$\Delta p = \frac{\frac{a^2}{c^2} - 1}{0{,}875} \approx 0{,}007 \text{ кг/см}^2 \text{ или } 7000 \text{ бар}.$$

Применив формулу (18), можно определить то расстояние, на котором ударную волну можно принимать за акустическую при различных значениях $\Delta p_{макс}$. Например, при $\Delta p_{макс} = 256$ *кг/см²* получим

$$Д = \sqrt[1,65]{\frac{256}{0{,}007}} \approx 584 \text{ м}.$$

При $\Delta p_{макс}$, равном 13 *кг/см²*, $Д = 95$ *м*.

Очень большую скорость распространения в первоначальный момент имеет ударная волна при взрыве атомной бомбы, так как величина избыточного давления при ее взрыве велика. Теоретические и экспериментальные данные показывают, что на удалении 3 *км* от места взрыва атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 000 *т* избыточное давление получается равным приблизительно 0,13 *кг/см²*. Применяя формулу (17), нетрудно определить, что скорость ударной волны на таком удалении будет превышать скорость звука на 18 *м/сек*.

Пользуясь формулой (18) и имея в виду, что на удалении 3 *км* избыточное давление равно 0,13 *кг/см²*, получим, что избыточное давление в 0,007 *кг/см²* будет на удалении 17 *км*. Подобно этому давление в 10 бар будет на удалении 80 *км*.

Для двух атомных бомб отношение расстояний $Д$ равно отношению тротиловых эквивалентов в степени $^1/_3$, т. е.

$$\frac{Д_2}{Д_1} = \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{3}},$$

где $Д$ — расстояние от места взрыва данной бомбы;
W — тротиловый эквивалент атомной бомбы.

Пример. Бомба с тротиловым эквивалентом 20 000 *т* создает избыточное давление 0,007 *кг/см*^{2} на расстоянии 17 *км*; бомба с тротиловым эквивалентом 30 000 создает такое же избыточное давление на расстоянии

$$Д_2 = Д_1 \left(\frac{30\,000}{20\,000}\right)^{\frac{1}{3}} \approx 24 \text{ км}.$$

Колебательные движения, вызываемые ударными волнами, относятся к типу сложных колебательных движений. В них наряду с колебаниями низких частот (инфраколебаниями) имеется ряд колебаний высоких частот. Колебания высоких частот при распространении их в атмосфере быстро затухают и на удалении нескольких десятков километров (а при средних и плохих условиях слышимости на удалении нескольких километров) распространяются только колебания низких частот.

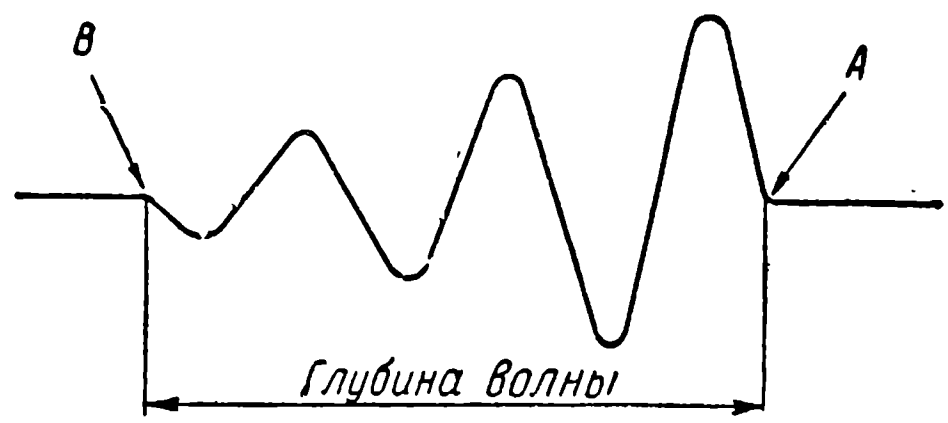


Рис. 11. Запись акустической волны

Слуховое ощущение, вызываемое ударной волной в виде резкого изменения давления, называется ударом. Удар отличается от звука и сводится к ощущению механического толчка о барабанную перепонку уха и кости головы. Слышимость ударной волны объясняется также наличием в ударной волне колебаний высоких частот. Аппаратура звуковой разведки позволяет регистрировать с некоторым искажением изменения давления среды при прохождении через точку стояния звукоприемника ударных или акустических волн, порожденных этими ударными волнами. Запись эта представляет собой график, на котором по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — давление среды (рис. 11).

В акустической волне, порождаемой ударной волной, различают **фронт, тыловую поверхность и глубину.**

Фронтом волны называется поверхность, которая проходит через точки среды, выходящие из состояния равновесия при прохождении волны. Фронту волны на рис. 11 соответствует точка *A*.

Тыловой поверхностью волны называется поверхность, проходящая через точки среды, возвращающиеся в состояние равновесия после прохождения волны. На рис. 11 тыловой поверхности волны соответствует точка *B*. Расстояние между фронтом и тыловой поверхностью волны выражают в секундах и называют **глубиной** волны. Глубина волны в зависимости от количества взрывчатого вещества и от удаления очага взрыва измеряется десятыми долями секунды и целыми секундами.

Таким образом, в отличие от акустических волн, которые характеризуются малыми амплитудами давления и постоянной скоростью распространения, ударные волны характеризуются большими амплитудами давления, измеряемыми в атмосферах, и большими скоростями распространения вблизи очага взрыва.

Дульная волна

Дульная волна возникает при выстреле из орудия (миномета). Эта волна образуется вблизи дула орудия, поэтому и называется **дульной.** Причинами образования дульной волны являются: 1) газы, выбрасываемые из ствола орудия под большим давлением; 2) взрыв продуктов неполного сгорания, выбрасываемых из ствола орудия; 3) удар снаряда о среду при вылете его из орудия со скоростью, которая больше скорости звука, и, наконец, 4) вибрация ствола орудия при выстреле.

Первые три причины образования дульной волны являются основными. Выбрасываемые из канала орудия газы, а также продукты неполного сгорания и сам снаряд направлены вперед, поэтому, казалось бы, дульная волна должна иметь не сферическую, а несколько вытянутую вперед форму. Однако вследствие больших дальностей засечки дульную волну можно считать сферической с центром не у самого дула орудия, а несколько впереди его. Удаление центра дульной волны от дульного среза орудия увеличивается с увеличением начальной скорости снаряда. У пушек, стреляющих с большими начальными скоростями, это удаление достигает 5 *м*. Дульная волна, как и всякая ударная волна, порождает акустическую волну, имеющую сложный вид колебательных движений (см. рис. 3).

Вырождение дульной (ударной) волны в акустическую согласно формуле (18) и данным графиков на рис. 15 происходит на удалении порядка 100 *м*.

В дальнейшем акустическую волну, порождаемую дульной волной, будем называть просто «дульной волной».

Зависимость давления в дульной волне от величины угла, составленного направлением плоскости стрельбы и данным направлением

Давление в дульной волне распространяется не во все стороны одинаково. С увеличением угла между плоскостью стрельбы и данным направлением давление уменьшается. Если взять точки, равноудаленные от орудия, то давление впереди будет раза в два — три больше, чем сзади. Это объясняется тем, что при вылете газов из орудия они сильно устремляются вперед, создавая впереди себя область больших давлений. Зависимость давления в дульной волне от направления показана на рис. 12, на котором даны записи дульной волны одной и той же пушки калибра 270 *мм*. На верхнем графике дана запись, полученная в то время, когда звукоприемник стоял впереди орудия в 4 000 *м* от него; на нижнем же графике дана запись, полученная в то время, когда звукоприемник стоял сзади в 1 600 *м* от орудия.

Если измерить расстояние от орудия до точек, в которых давления одинаковы, то получим график, представленный на рис. 13. Из сказанного следует, что в боевой обстановке, если позволяют условия, звукоприемники лучше располагать несколько сзади или сбоку от своих орудий. Но это надо делать не за счет уменьшения дальности засечки батарей противника.

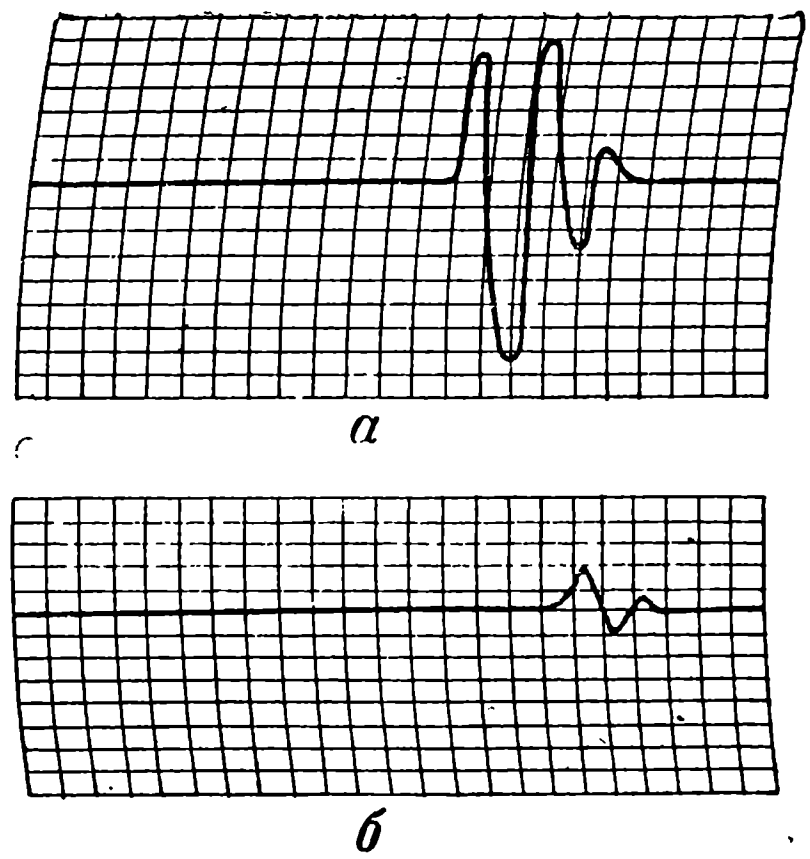


Рис. 12. Запись дульной волны 270-*мм* пушки (движение ленты справа налево):

а — звукоприемник стоял впереди орудия в 4000 *м* и в плоскости стрельбы; *б* — звукоприемник стоял сзади орудия в 1600 *м* и также в плоскости стрельбы

Влияние калибра орудия и веса заряда на давление в дульной волне

Опыты показывают, что у пушек различных калибров, стреляющих с примерно одинаковыми начальными скоростями и давлениями в канале орудия, амплитуды давления в дульных волнах приблизительно пропорциональны величинам зарядов.

На рис. 14 даны записи дульных волн пушек различных калибров, имеющих примерно одинаковые начальные скорости v_0 и давления P в канале орудия, но разные заряды ω.

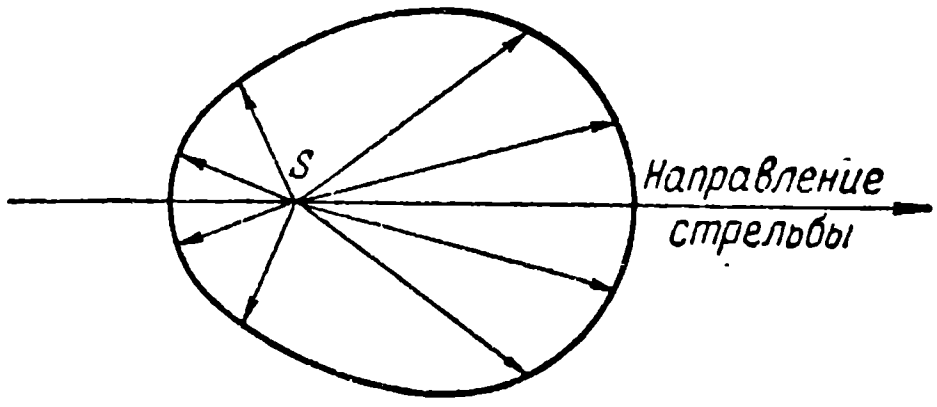


Рис. 13. Распределение давления в дульной волне

Записи эти получены при одинаковых метеорологических условиях и при одинаковых удалениях от звукоприемников.

Из рис. 14 видно, что амплитуды записей дульных волн пушек различны. Это обстоятельство помогает отчасти разобраться в записях дульных волн орудий противника и дает возможность определить калибр орудия. Однако к этому надо относиться очень осторожно, так как давление в дульной волне, кроме калибра и заряда, зависит еще от давления в канале орудия, начальной скорости и расстояния до стреляющего орудия. Вследствие этого от орудий меньших калибров, но с бóльшим давлением в канале орудия и бóльшей начальной скоростью амплитуды записей могут быть больше, чем от орудий бóльших калибров, но с меньшим давлением в канале орудия и меньшей начальной скоростью. Так, например, дульная волна 370-*мм* гаубицы с давлением в канале 1700 *кг* и начальной скоростью 470 *м/сек* на удалении 4 *км* имела давление 230 бар, а дульная волна 240-*мм* пушки с давлением в канале 2400 *кг* и начальной скоростью 805 *м/сек* при

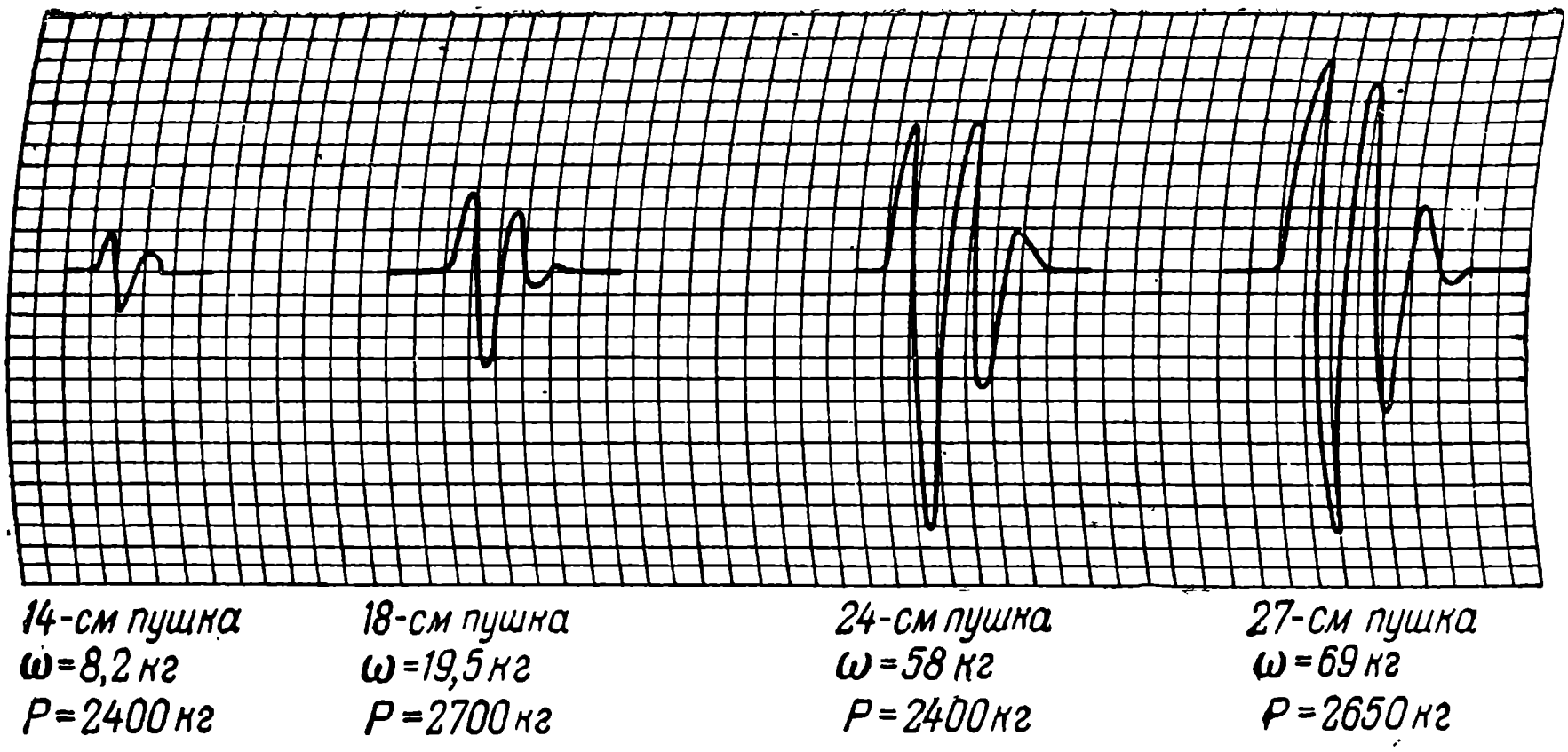
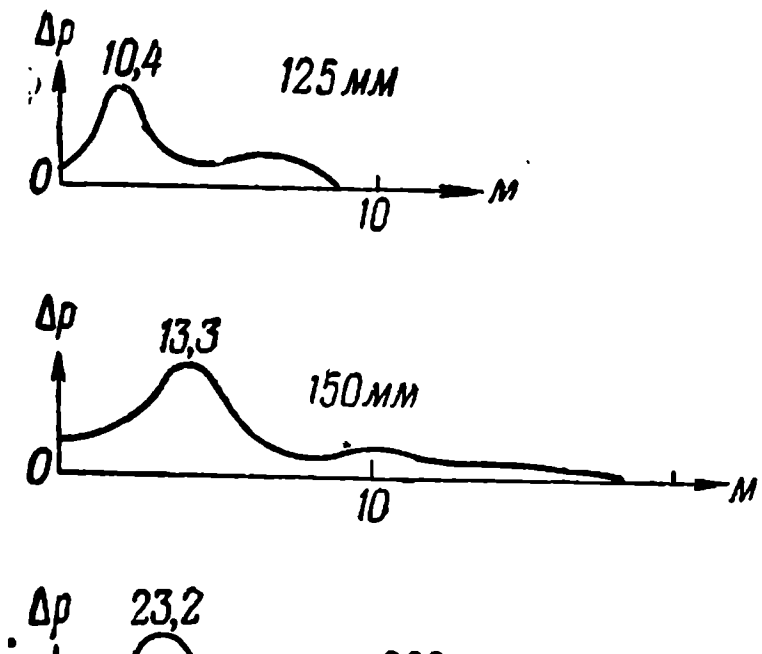
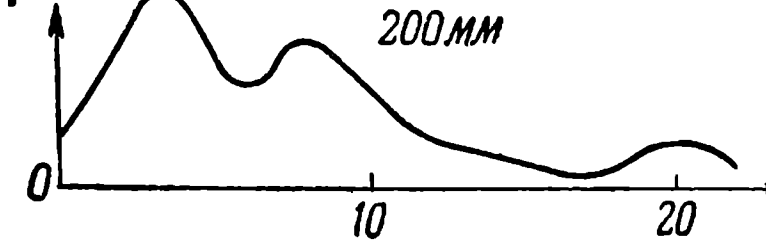
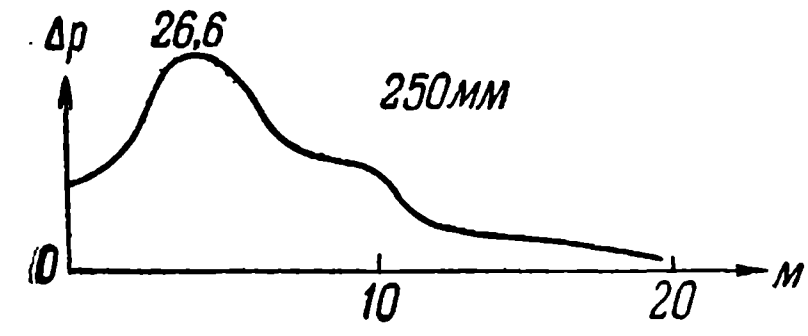


Рис. 14. Записи дульных волн пушек различных калибров (движение ленты справа налево)







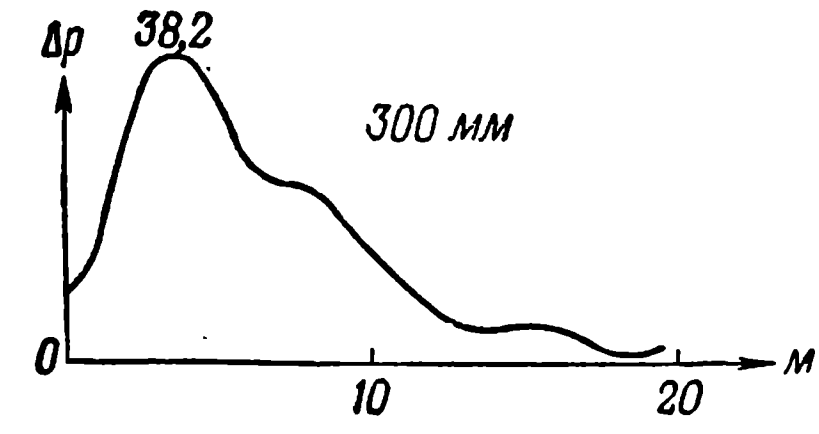


Рис. 15. Давления дульных волн при выстреле из орудий различных калибров (в плоскости стрельбы)

том же удалении имела давление в два раза больше, т. е. 460 бар, хотя заряды обоих орудий были примерно одинаковы. Кроме того, от орудий больших калибров, находящихся на большом удалении от звукоприемников, можно получить записи с одинаковыми и даже меньшими амплитудами, чем от орудий меньших калибров, но находящихся ближе к звукоприемникам.

Для определения калибра орудия при разных дальностях засечки, надо сначала определить дальности до засекаемых орудий, а затем уже и калибр их.

Вес заряда у гаубицы обычно меньше, чем у пушки того же калибра, а поэтому давление дульной волны гаубицы меньше дульной волны пушки, вследствие чего и дальность засечки гаубицы меньше дальности засечки пушки. На рис. 15 показаны избыточные давления в дульной волне (Δp в $кг/см^2$) в плоскости стрельбы при выстрелах из орудий различных калибров.

Следует отметить, что частоты основных колебаний дульных

волн, имеющих наибольшую амплитуду давления, у орудий разных калибров на удалениях нескольких километров мало различаются между собой; эти частоты — порядка 10—30 колебаний в секунду (см. рис. 3, *а*). Поэтому по частоте колебаний трудно отличить запись орудия одного калибра от записи орудия другого калибра.

Дульные волны при стрельбе без пламени

При стрельбе без пламени, как и следовало ожидать, давление в дульной волне получается слабее и амплитуда записи меньше, нежели при стрельбе с пламенем. Здесь отсутствует один из основных источников образования волны — взрыв продуктов неполного сгорания при вылете их из орудия. Но, несмотря на отсутствие этого источника, волна получается все же достаточно мощной, и, как показывает опыт Великой Отечественной войны, выстрелы без пламени засекаются так же хорошо, как и с пламенем.

Дульные волны при стрельбе из реактивных минометов

При выстреле из реактивного миномета также возникает своего рода дульная волна (см. рис. 164), но только значительно слабее дульной волны, возникающей при выстреле из орудия.

Причиной возникновения дульной волны при выстреле из реактивного миномета является в основном удар струи газов, вытекающих из мины.

О дульных волнах, образующихся при стрельбе из минометов и безоткатных орудий, сказано в § 7 главы X.

Баллистическая волна

При полете со скоростью, превышающей скорость звука, снаряд подвергается на своем пути влиянию сверхзвукового потока воздуха, вследствие чего перед головной его частью образуется ударная волна. Эту ударную волну принято называть **головной,** или **баллистической, волной.**

По мере удаления от снаряда головная волна быстро ослабевает и на небольшом сравнительно удалении (порядка 100 *м*) переходит в звуковую волну или, как это принято называть в аэродинамике, в граничную волну слабых возмущений, имеющую конусообразный вид.

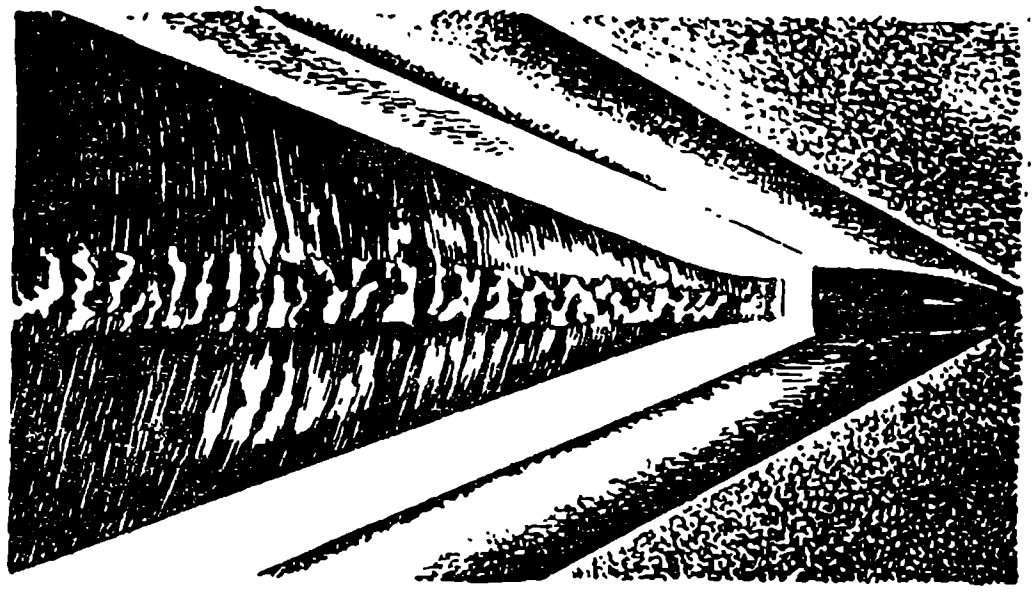


Рис. 16. Фотография головной (баллистической) и хвостовой волн

Ударные волны образуются и за донной частью

снаряда. Эти ударные волны принято называть **хвостовыми ударными волнами.** Образование их объясняется обтеканием сверхзвуковым потоком воздуха хвостовой части снаряда, пояска и других неровностей поверхности снаряда. Хвостовая волна значительно слабее головной. На рис. 16 хорошо видны головная и хвостовая волны.

Звуковую волну, порождаемую дульной (ударной) волной мы условились называть дульной волной. Подобно этому звуковую волну, порождаемую головной (ударной) волной, будем называть баллистической волной.

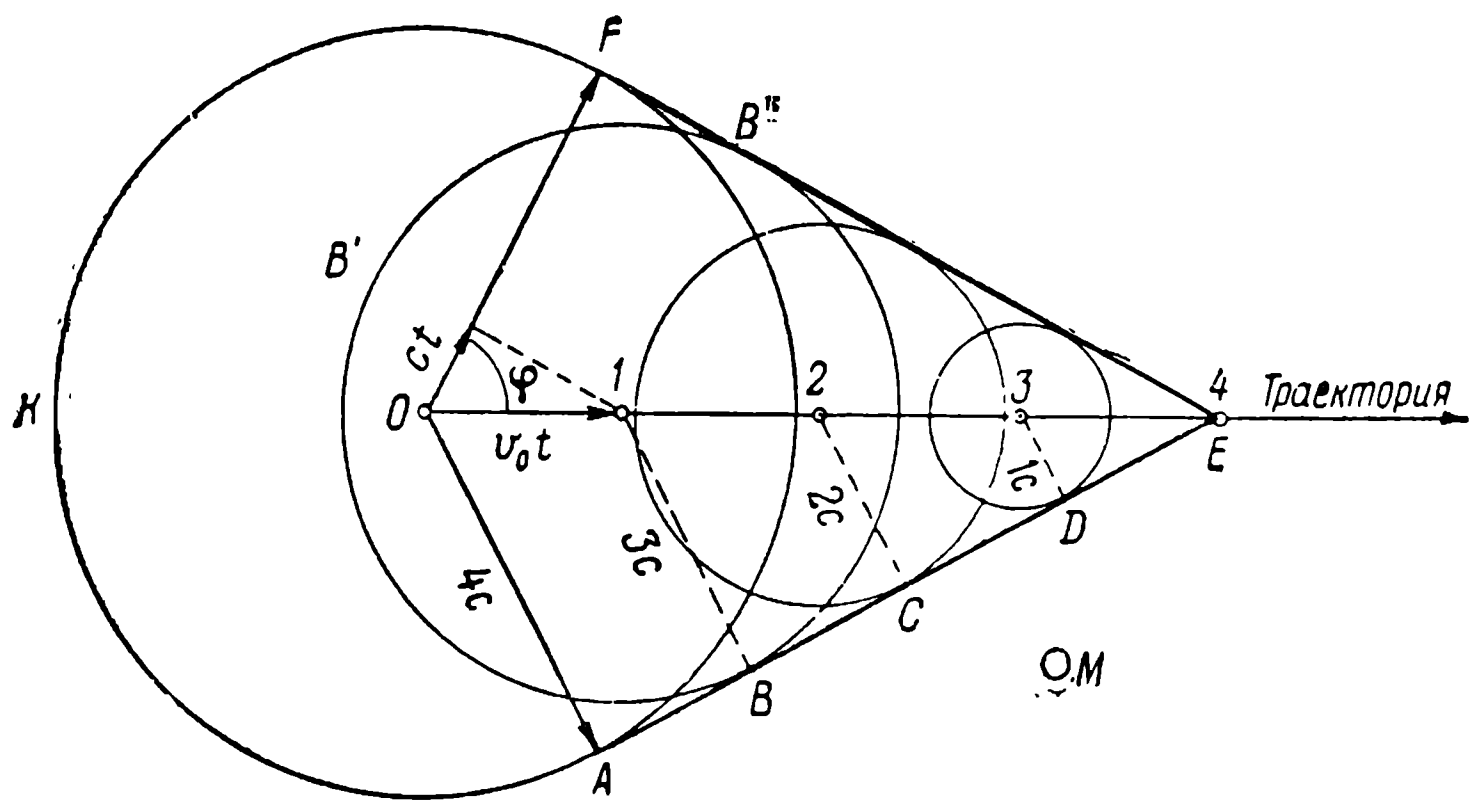


Рис. 17. Схема образования баллистической волны

Чтобы получить более ясное представление об образовании баллистической волны, обратимся к рис. 17. При этом условимся, что эта ударная волна переходит в звуковую в непосредственной близости от снаряда.

Для простоты рассуждения допустим, что снаряд движется прямолинейно и равномерно и к концу 4-й секунды достигает точки *4*. На рис. 17 окружностями показано положение волн, зарождаемых в точках *0*, *1*, *2* и *3* к моменту, когда снаряд достигает точки *4* [1]. Дульная волна, возникшая в тот момент, когда снаряд находился в точке *0*, успеет распространиться за это время на расстояние $4C$ и займет положение AKF с центром в точке *0*. Через одну секунду снаряд будет в точке *1*. Здесь произойдет возмущение упругой среды, распространяющееся в однородной среде в виде сферической волны. Таким образом, волна, возникшая в точке *1*, к концу 4-й секунды успеет распространиться на расстояние $3C$ и займет положение $BB'B''$ с центром в точке *1*.

Подобные построения можно произвести для любых точек траектории между точками *0* и *4*. Складываясь друг с другом, эти волны на обертывающей их поверхности EAF образуют граничную волну. Эта поверхность и представляет собой **фронт баллистической волны,**

[1] Точки *1*, *2*, *3* и *4* на рис. 17 соответствуют 1, 2, 3 и 4-й секундам полета снаряда.

имеющий форму конуса с вершиной в точке нахождения снаряда. Баллистическая волна назад от орудия не распространяется. Она наблюдается только в секторе с углом AOF (см. рис. 17). Этот сектор называется **сектором раздельной слышимости баллистической волны.**

Угол AOF образуется лучами, идущими из точки O к точкам касания баллистической волны и дульной волны (A и F). В пределах этого угла баллистическая и дульная волны будут восприниматься отдельно друг от друга, причем баллистическая волна будет слышна раньше дульной. Если звукоприемник поставить в точку M, то до него дойдет сначала баллистическая, а затем дульная волна, и на регистрирующем приборе будут получены две записи. В точках A и F обе волны сливаются. Косинус угла φ, равного половине угла AOF, определяется по формуле

$$\cos\varphi = \frac{Ct}{v_0 t} = \frac{C}{v_0}. \qquad (19)$$

Зная скорость звука C и начальную скорость полета снаряда v_0, нетрудно определить угол φ, т. е. определить сектор слышимости баллистической волны (угол 2φ). В плоскости земной поверхности этот сектор будет несколько меньше и будет измеряться углом 2ψ (рис. 18). Чем больше угол бросания θ_0, тем меньше угол ψ; при угле бросания, близком к φ, он приближается к нулю.

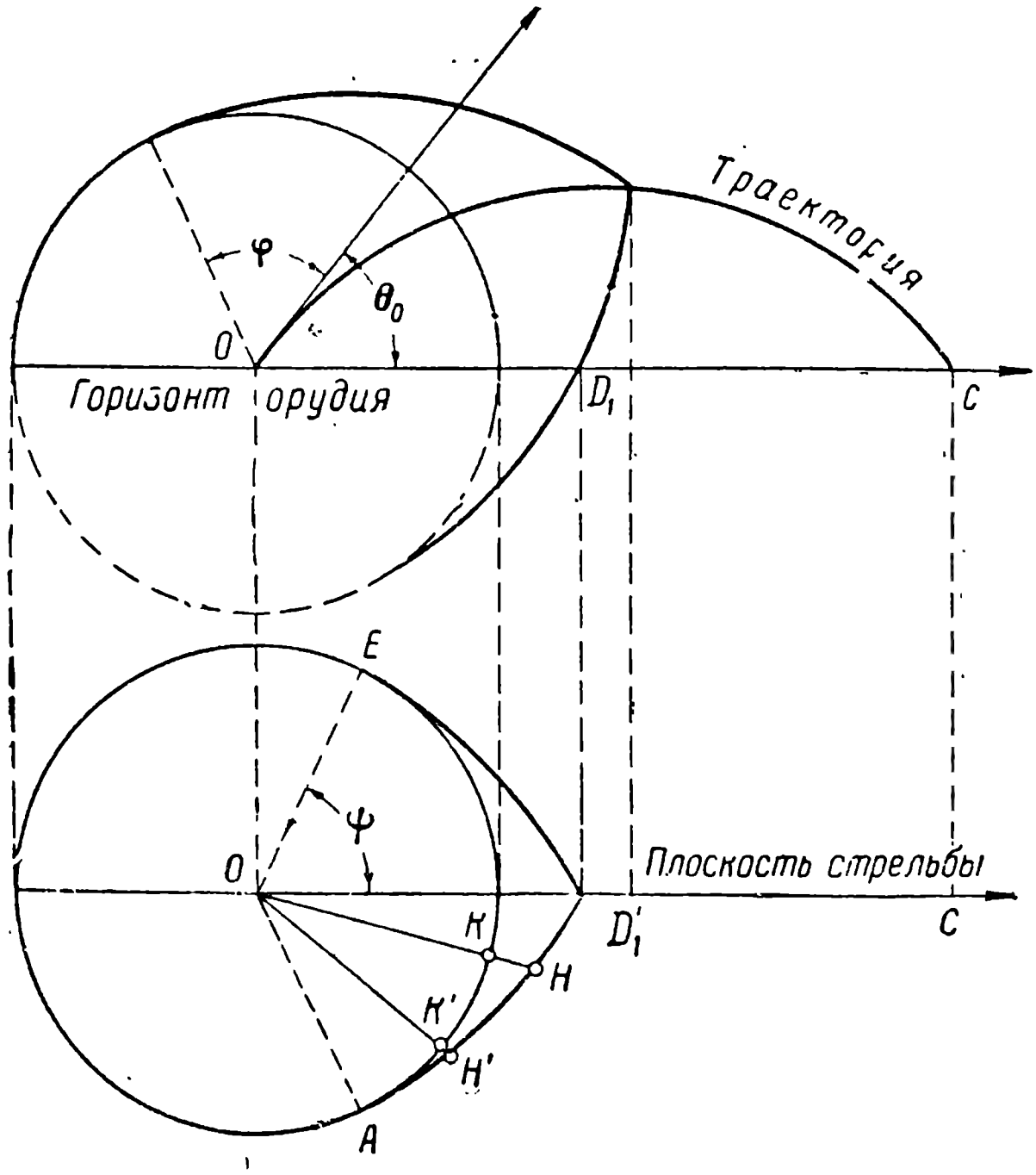


Рис. 18. Вид баллистической волны в плоскости стрельбы и в плоскости горизонта орудия

Рассматривая нижнюю часть рис. 18, мы видим, что баллистическая волна опережает дульную, причем величина опережения зависит не только от начальной скорости снаряда и угла θ_0, но и от положения наблюдателя (звукоприемника) относительно плоскости стрельбы.

Это ясно видно при рассмотрении отрезков KH и $K'H'$ на рис. 18 при условии, что звукоприемники находятся в точках H и H'.

Чем ближе расположен звукоприемник к плоскости стрельбы, тем больше запись баллистической волны опережает запись дульной волны (см. рис. 18), и чем ближе расположен звукоприемник к направлениям OA и OF (см. рис. 17), тем ближе запись баллистической волны к записи дульной. Кроме этого, запаздывание дульной волны зависит от дальности. При больших дальностях и больших начальных скоростях запаздывание может достигнуть нескольких секунд.

На рис. 19 даны записи дульной и баллистической волн 122-*мм* пушки при стрельбе полным зарядом при дальности засечки порядка 7 *км*; траектория стрельбы проходила примерно через второй звуковой пост.

Заметим, что при угле бросания θ_0, равном или большем φ, баллистическая волна вдоль поверхности земли не распространяется независимо от скорости полета снаряда (рис. 20). Вот почему при стрельбе из зенитных орудий по высоко летящим воздушным целям записей на звукометрической ленте от баллистических волн может и не быть.

Колебания, порождаемые баллистической волной, так же, как и дульной, являются сложными колебаниями (см. рис. 3, *б*).

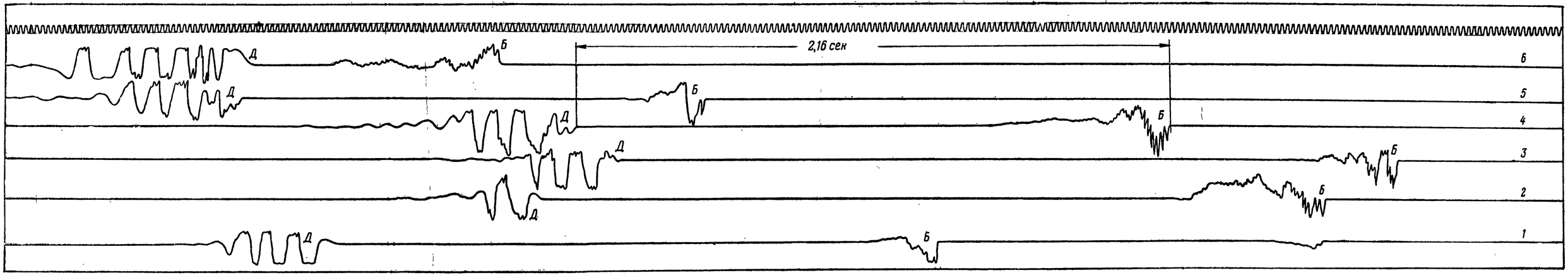
Колебания с наибольшими амплитудами давления имеют частоту порядка 80—120 колебаний в секунду. Давление, развиваемое баллистической волной, обычно невелико, поэтому она распространяется на меньшие расстояния, чем дульная волна. Но так как баллистическая волна зарождается вверху, в более однородной атмосфере, и так как точка ее зарождения находится обычно ближе к звукоприемникам, чем точка стояния засекаемого орудия, то записи баллистической волны получаются обычно хорошими.

На слух баллистическая волна кажется более резкой, чем дульная.

Направление на источник звука определяется по дульной волне. Баллистические волны являются в этом случае помехой [1]. Благодаря разности частот основных колебаний дульной и баллистической волн удается в большинстве случаев отличить запись баллистической волны от дульной (см., например, рис. 22). Однако в зависимости от состояния атмосферы такого резкого различия в записях волн иногда не получается.

При полете снаряда со скоростью, которая меньше скорости звука, баллистическая волна не образуется. Это положение можно объяснить, пользуясь рис. 21. Пусть орудие находится в точке O и снаряд летит слева направо со скоростью, которая меньше скоро-

[1] Место орудия можно определить и по баллистической волне, но решение этой задачи на практике представляет большие трудности.



Зак. № 1186

Рис. 19. Записи дульной и баллистической волн 122-*мм* пушки

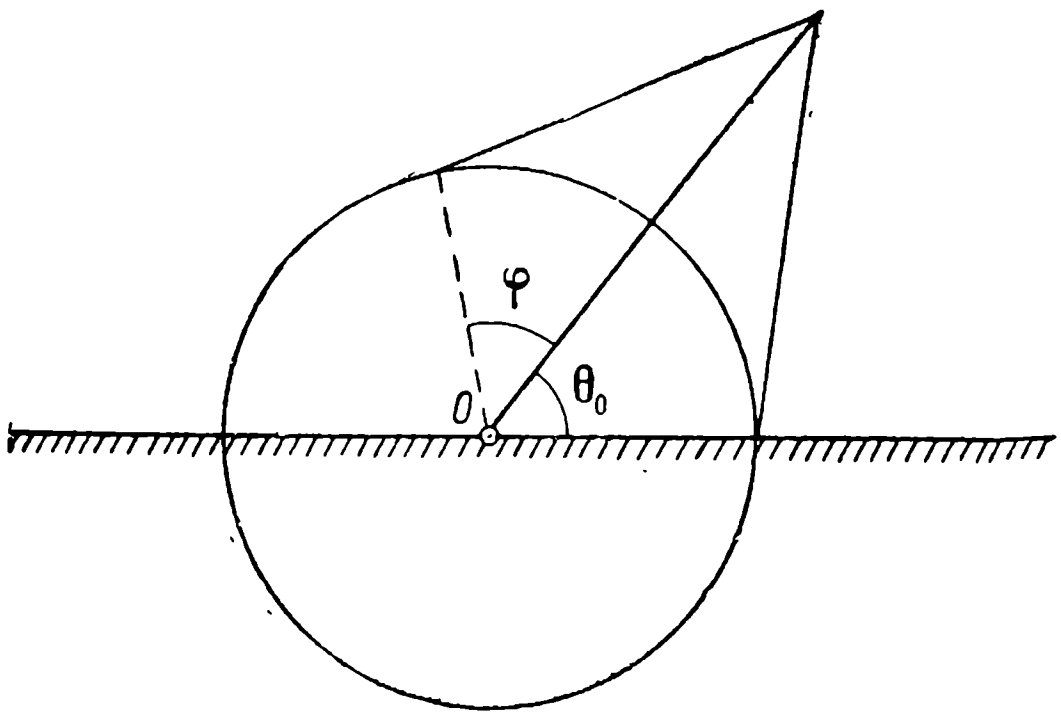


Рис. 20. Положение баллистической волны при угле бросания θ_0, равном φ

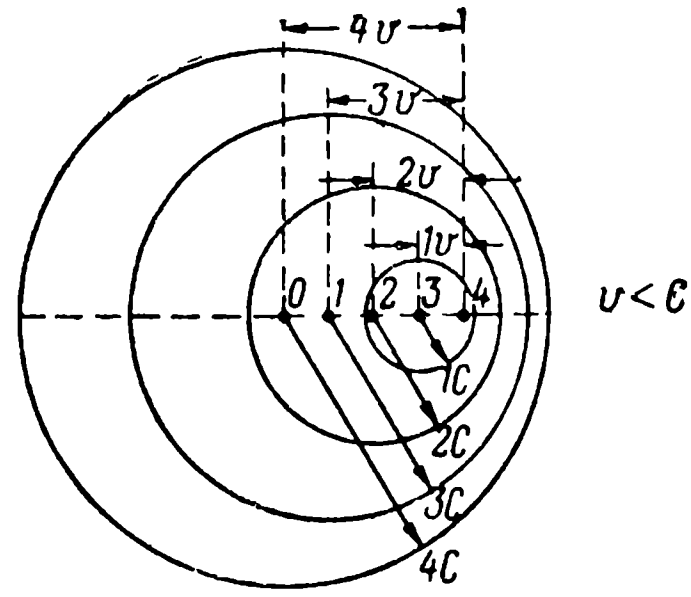


Рис. 21. Распространение звуковой волны при скорости полета снаряда, не превышающей скорость звука

сти звука. В этом случае звуковая волна будет обгонять снаряд и когда он достигнет точки *4*,. дульная волна распространится на величину $4C$; когда снаряд прилетит в точку *3*, волна с центром в точке *1* распространится на величину $3C$ и т. д. Вследствие этого граничная волна с конусовидной поверхностью в данном случае образоваться не может.

Волны с центрами в точках *1*, *2* и *3* являются результатом движения снаряда в воздухе, но так как снаряд движется со скоростью, которая меньше скорости звука, он подвергается влиянию потока воздуха, скорость которого также меньше скорости звука. По этой причине все образующиеся волны, кроме дульной, являются сравнительно слабыми и на небольшом расстоянии от точки их образования очень быстро затухают.

Волна разрыва и падения снаряда

При разрыве снаряда образуется ударная волна, которую называют волной **разрыва снаряда.** Источником этой волны является взрыв разрывного заряда. Мощность этой волны зависит от веса разрывного заряда, от грунта, на который падает снаряд, и от величины углубления его в землю. Чем ближе к поверхности земли разрывается снаряд, тем более мощная звуковая волна образуется при его разрыве. По волне разрыва снаряда определяют место этого разрыва. Для лучшей слышимости желательно, чтобы снаряды разрывались в воздухе.

Практика работы показывает, что мощность волн разрывов снарядов раза в полтора меньше мощности дульных волн при стрельбе из пушек тех же калибров и примерно равна мощности дульных волн при стрельбе из гаубиц.

Отсюда и дальность засечки разрывов снарядов будет примерно одинаковой с дальностью засечки выстрелов из гаубиц и раза в полтора меньше дальности засечек выстрелов из пушек.

Дальность засечки разрывов мин раза в полтора больше, чем дальность засечки выстрелов из минометов и во много раз больше, чем дальность засечки выстрелов реактивных установок.

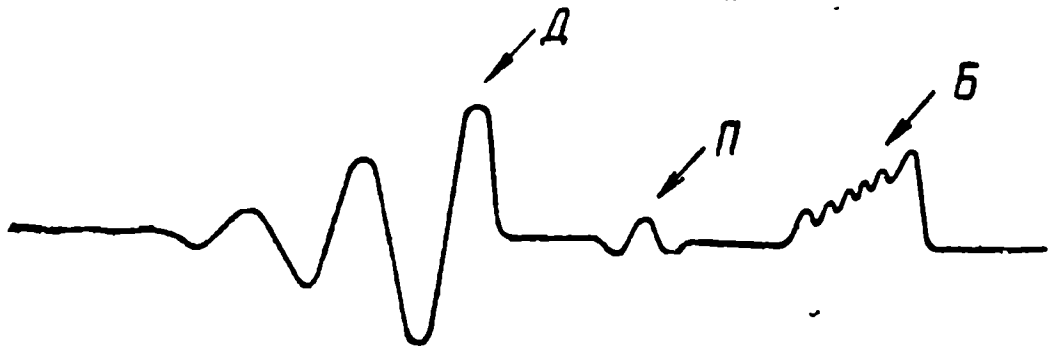


Рис. 22. Запись баллистической волны, волны падения снаряда и дульной волны

На ленте звукометрической станции очень трудно отличить запись дульной волны от записи волны разрыва снаряда, в особенности при условиях пониженной слышимости.

Кроме волны разрыва снаряда, наблюдается волна **падения снаряда.** Эта волна порождается ударом снаряда о преграду. При разрыве снаряда волна падения сливается с волной разрыва. При падении неразорвавшегося снаряда волна падения распространяется самостоятельно. Однако мощность этой волны очень мала, вследствие чего волна падения распространяется на очень короткие расстояния и для звуковой разведки большого интереса не представляет. На рис. 22 даны для сравнения записи баллистической волны *Б*, дульной волны *Д* и волны падения снаряда *П*.

§ 4. СЛЫШИМОСТЬ ЗВУКОВ В АТМОСФЕРЕ

Влияние на слышимость состояния атмосферы

Звуковая засечка батарей противника и разрывов снарядов своей артиллерии обеспечивается лишь при достаточной слышимости звуков выстрелов и разрывов. Эта слышимость зависит от метеорологического состояния атмосферы, а также от условий местности. Чтобы правильно использовать средства звуковой разведки в соответствии с условиями погоды и местности, нужно знать причины, порождающие те или иные условия слышимости.

Слышимость мы будем здесь понимать в широком смысле, не только с точки зрения воздействия акустических колебаний на слуховые органы человека, но и с точки зрения воздействия этих колебаний на звукоприемники. В этом случае слышимость будет определяться энергией акустических колебаний, достигающих звукоприемников.

Известно, что сильные звуки при одинаковых условиях распространения слышны дальше, чем слабые. Так как сила (интенсивность) звука определяется величиной амплитуды давления в звуковой волне, то и слышимость в указанном выше смысле зависит прежде всего от амплитуды давления в момент подхода волны к звукоприемнику.

Известно также, что амплитуда давления в звуковой волне убывает с увеличением расстояния от источника звука, а следовательно, с увеличением расстояния ослабевает и слышимость.

Уменьшение амплитуды давления в сферической волне зависит от двух причин. Во-первых, по мере распространения такой волны

поверхность ее увеличивается, поэтому в колебательное движение должно быть приведено все большее число частиц среды, на что затрачивается первоначально полученная энергия волны. Во-вторых, энергия звуковой волны поглощается средой, в которой она распространяется.

Поглощение энергии акустических колебаний средой находится в большой зависимости от частоты колебаний, а следовательно, и от длины волны. Энергия колебаний высокой частоты поглощается больше, чем энергия колебаний низкой частоты, поэтому колебания низкой частоты при одних и тех же условиях распространяются на более далекие расстояния, чем колебания высокой частоты.

Большое влияние на слышимость инфразвуков оказывает **диффузия** (рассеяние) звуковой энергии.

Рассеяние звуковой энергии происходит вследствие неоднородности атмосферы, которая обусловливается в основном разнообразием физического состояния отдельных ее частей.

В разнообразии физического состояния атмосферы главную роль играет температурная неоднородность ее. Немалую роль в этом отношении играет также неоднородность самой атмосферы, вызываемая турбулентным состоянием ее.

Разнообразие температур в различных точках небольшого участка атмосферы объясняется неравномерностью распределения суши и водных пространств, условиями подстилающей поверхности, рельефом местности, наличием облаков и т. п.

Турбулентностью атмосферы называется завихренное состояние атмосферного воздуха, который почти никогда не бывает в состоянии покоя. Вихревые образования развиваются беспорядочно. Они беспрестанно зарождаются и исчезают. Турбулентное состояние атмосферы бывает наиболее выраженным при наличии восходящих и нисходящих воздушных потоков, т. е. летом в часы наибольшего нагрева земной поверхности и в особенности при грозовом состоянии атмосферы.

Звуковая волна, попадая в такие неоднородные участки атмосферы, претерпевает многократные преломления и отражения. Отраженные волны интерферируют одна с другой и частично уничтожаются. Акустические колебания начинают распространяться в различных направлениях. В результате звуковая энергия рассеивается.

Влияние на слышимость подстилающей поверхности, рельефа местности и местных предметов

Подстилающая поверхность, рельеф местности и местные предметы оказывают двоякое влияние на слышимость. С одной стороны, подстилающая поверхность, рельеф местности и местные предметы могут способствовать неоднородности атмосферы, с другой стороны они могут являться препятствием для прохождения звуковых волн.

Различная подстилающая поверхность обладает различной теплопроводностью и по-разному поглощает солнечную энергию, вследствие чего температура слоев воздуха, прилегающих к различным подстилающим поверхностям, получается различной. Например, в летнее жаркое время при сильном нагревании подстилающей по-

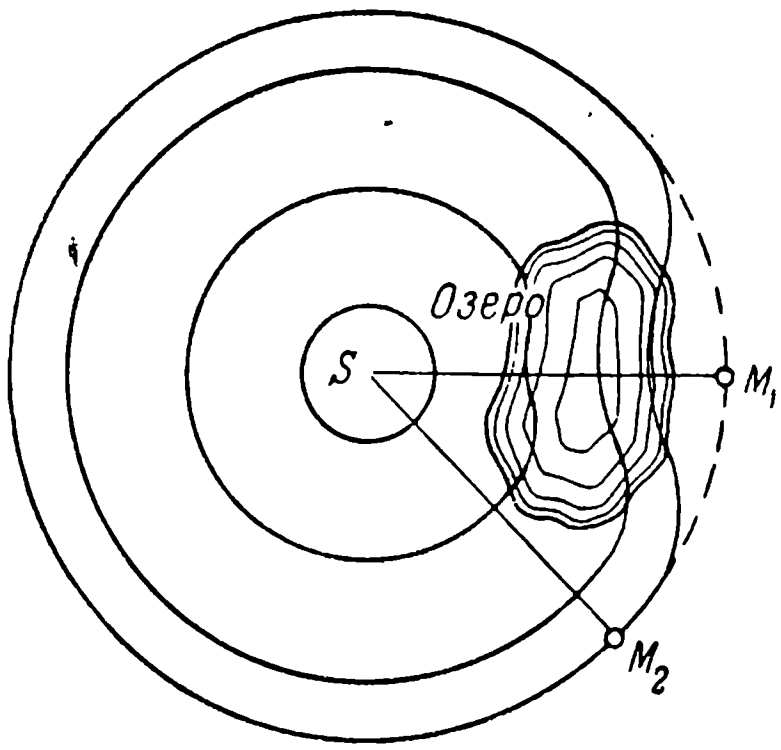


Рис. 23. Деформирование звуковой волны при ее прохождении в летнее жаркое время над озером

верхности солнцем получаются большие разности в температурах поверхности воды и суши. Вследствие этого над водными пространствами развиваются нисходящие токи, а над сушей восходящие токи воздуха, у берегов же создаются завихрения. Кроме того, ввиду разности температур скорость звука над водной поверхностью отличается от скорости звука над сушей. Все это вместе взятое влияет не только на слышимость, но и на вид самой волны, вследствие чего в конечном результате точность работы звуковой разведки снижается.

На рис. 23 представлена схема прохождения звуковой волны над озером. Из рисунка видно, что ввиду искажения волны (деформации) последняя приходит к звукоприемнику M_2 раньше, чем к звукоприемнику M_1, в то время как шаровая волна (на рис. 23 показана пунктиром) приходит к обоим звукоприемникам одновременно.

Таким образом, при наличии значительных водных пространств (больших озер, болот) между источниками звука и звукоприемниками в летнее время создаются неблагоприятные условия для работы звуковой разведки.

Разнообразие температур в слое, прилегающем к поверхности земли, вызывает образование отдельных кучевых облаков, вследствие чего создаются резкие тени на поверхности земли. Наоборот, при сплошной облачности температура выравнивается и атмосфера становится более однородной.

При наличии больших неровностей и крупных местных предметов изменяются направление и скорость ветра, что в свою очередь вызывает изменение в строении звуковой волны.

При встрече вертикальных препятствий, имеющих значительную протяженность (забор, лесная полоса и т. п.), изменение скорости и направления ветра происходит еще далеко от препятствия.

Возбуждающее влияние препятствия начинает сказываться с одной и с другой стороны этого препятствия. Удаление начала возмущения равно примерно 10—20-кратной высоте этого препятствия. Если взять лес высотой 20 *м*, то начало возмущения будет сказываться в 200—400 *м* перед лесом и конец возмущения будет в 200—400 *м* за лесом.

Возмущения над препятствиями ощущаются также до высоты, превышающей в несколько раз высоту препятствия.

При высоких препятствиях, например при высоте горы 500 *м*, возмущения воздушных течений замечаются на расстоянии около 20 *км* от нее. Возмущения, вызываемые Альпами, замечаются даже в стратосфере.

Перед вертикальными препятствиями и за ними не только изменяется скорость ветра, но возникают воздушные вихри, оси которых расположены горизонтально (рис. 24). Массы воздуха, подходящие к препятствию, поднимаются вверх, протекают над препятствием с большей скоростью и за препятствием спускаются вниз.

Подобного рода действие ветра замечается зимой. Обычно снег не прилегает плотно к заборам (изгородям); около заборов образуются выемки в снеге. Высокие сугробы наблюдаются только на некотором удалении за препятствиями.

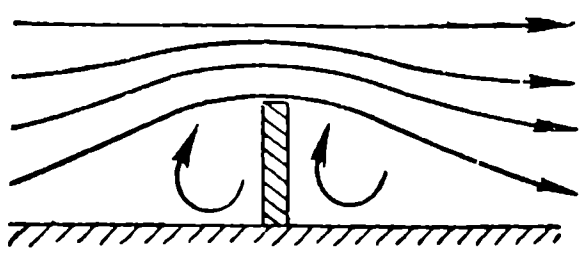


Рис. 24. Воздушные вихри впереди и сзади вертикального препятствия.

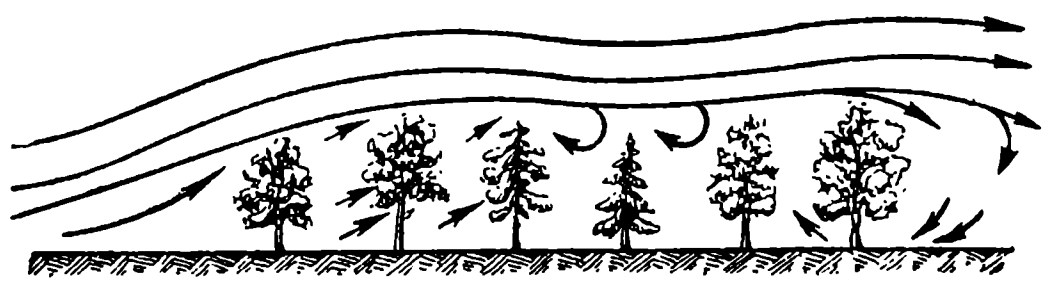


Рис. 25. Влияние леса на распространение ветра

Очень заметное влияние на ветер оказывает лес. Внутри леса ветер сильно уменьшается. В густом лесу на расстоянии 100 *м* от опушки скорость ветра уменьшается почти в 10 раз.

За лесным массивом вследствие возникновения вихрей происходит затекание воздушных масс в глубь леса на расстояние до 30—50 *м*. Поэтому на другой (подветренной) стороне наблюдается ветер, дующий в обратную сторону (рис. 25).

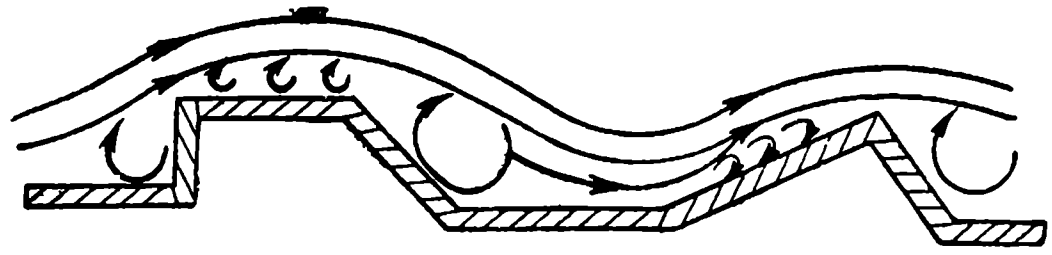


Рис. 26. Образование вихрей в зависимости от формы препятствия

Неровности земной поверхности также влияют на характер распределения ветра. На рис. 26 видно, что образование вихрей связано с видом (формой) земной поверхности.

Вблизи препятствий образуются также и боковые вихри, оси которых расположены вертикально.

Несколько слов об обтекании воздушными массами отдельно стоящих холмов. На рис. 27 показаны в горизонтальной проекции участки местности вокруг холма конической формы, на которых ветер дует с разными скоростями. Участок местности, на котором ветер дует с наибольшей силой, находится несколько ниже вершины холма.

Горные склоны, ущелья, долины, просеки в лесу, улицы в крупных населенных пунктах оказывают обычно направляющее действие на потоки воздуха.

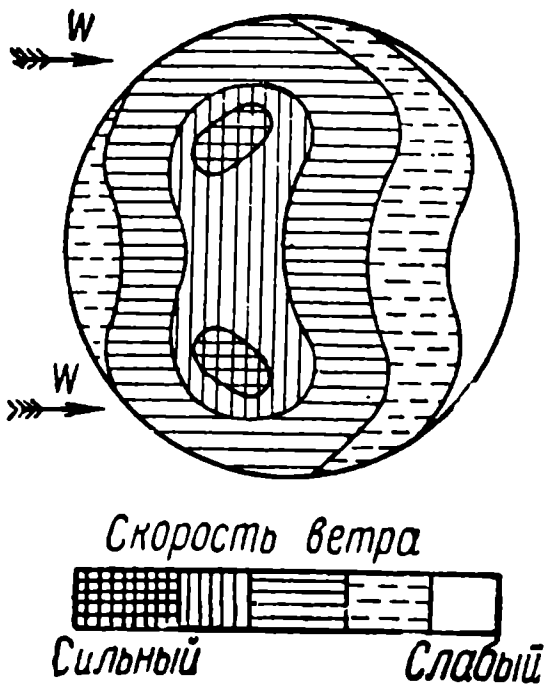


Рис. 27. Обтекание воздушными массами отдельно стоящего холма

У дульных волн и волн разрывов, превращающихся в инфразвуковые волны большой длины (порядка 20—50 *м*), сильно выражена **дифракция**, так как чем больше длина волны по сравнению с размерами препятствий, тем сильнее происходит огибание волной этих препятствий. Поэтому мелкие неровности земной поверхности, небольшие мелкие местные предметы, размеры которых не превышают длины таких волн (кустарник, невысокий лес, невысокие отдельные строения и т. п.), не являются препятствиями для дульных волн. Однако из этого не следует, что подобного рода местные предметы и неровности не оказывают никакого влияния на слышимость. Вследствие многократных отражений от таких местных предметов, безусловно, ослабляется слышимость и искажаются записи звукометрической аппаратуры. В глубине большого леса сильно сказывается диффузия (рассеяние) звука вследствие многократного отражения от стволов и ветвей деревьев.

Большие складки местности, лесные массивы, группа высоких строений и т. п., с одной стороны, способствуют неоднородности атмосферы, а с другой, являются препятствием для прохождения дульных волн; позади таких предметов создается звуковая тень (за высоким лесом на расстоянии порядка 200 *м*), поэтому сзади этих предметов, в особенности в непосредственной близости от них, слышимость ухудшается.

Наиболее благоприятные условия для работы звуковой разведки создаются при наличии ровной местности между районом целей и звукоприемниками, однородной подстилающей поверхности и при отсутствии в этом районе леса и значительных водных пространств (порядка 1 $км^2$ и больше).

Из сказанного следует, что при выборе рубежа развертывания батареи звуковой разведки приходится считаться с условиями местности.

Влияние на слышимость изменения температуры воздуха с высотой

Изменение температуры с высотой сильно влияет на слышимость звуков в атмосфере. При изменении температуры с высотой происходит рефракция (преломление) звуковых волн в атмосфере. Звуковая рефракция происходит в тех случаях, когда звуковой луч переходит из одного слоя воздуха в другой слой, в котором скорость звука имеет другую величину. Поясним это, пользуясь рис. 28. Возьмем ряд таких слоев атмосферы, в каждом из которых скорость звука имеет определенное значение C_1, C_2, C_3 и т. д., равномерно увеличивающееся с высотой. Пусть звуковой луч поступает под углом β_1 к нормали NN из среды первой, в которой скорость зву-

ка C_1, в среду вторую, в которой скорость звука C_2. Так как $C_2 > C_1$, то звуковой луч, преломившись, пойдет под углом β_2, где $\beta_2 > \beta_1$.

Преломление лучей подчиняется следующим законам:

— преломленный луч лежит в одной плоскости с лучом падающим;

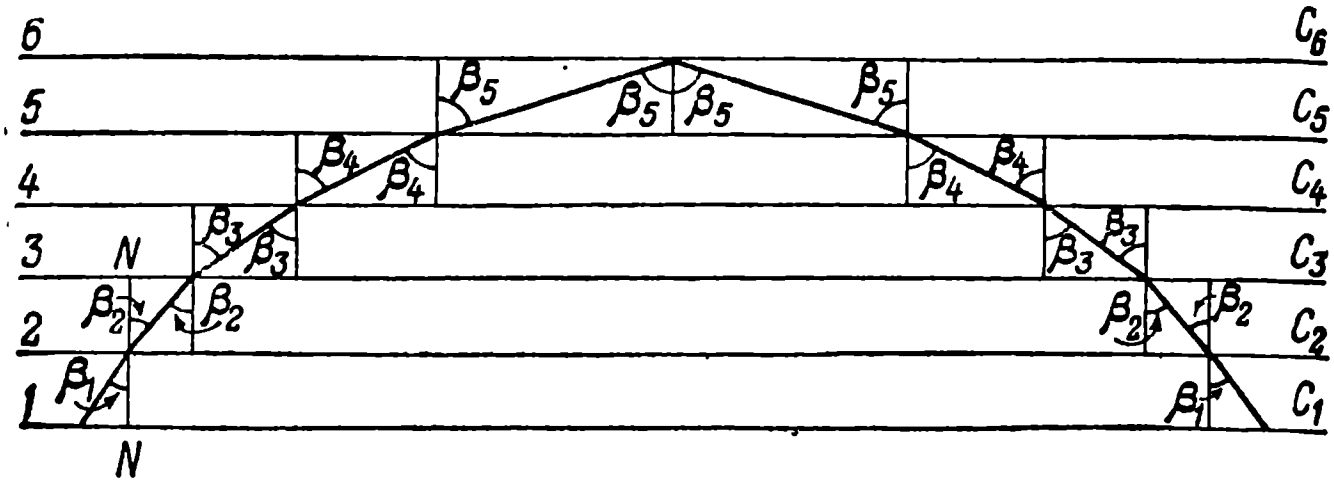


Рис. 28. При переходе из одной среды в другую звуковые лучи претерпевают преломление

— синус угла преломления β_2 относится к синусу угла падения β_1, как скорость звука в преломляющей среде C_2 относится к скорости звука C_1 в среде, из которой поступает звук, т. е.

$$\frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1} = \frac{C_2}{C_1}. \qquad (20)$$

Пример. Пусть $C_2 = 340$ *м/сек*, $C_1 = 338$ *м/сек* и угол $\beta_1 = 80°$. В этом случае $\sin \beta_2 = \frac{340}{338} \cdot 0{,}985 \approx 0{,}990$ или угол $\beta_2 = 82°$.

Так как $C_3 > C_2$, то угол β_3 будет больше β_2 и т. д.

Если угол падения достигает такой величины, что синус угла преломления станет равным единице, т. е. угол преломления достигнет 90°, то падающий луч уже не проникнет в следующую среду и

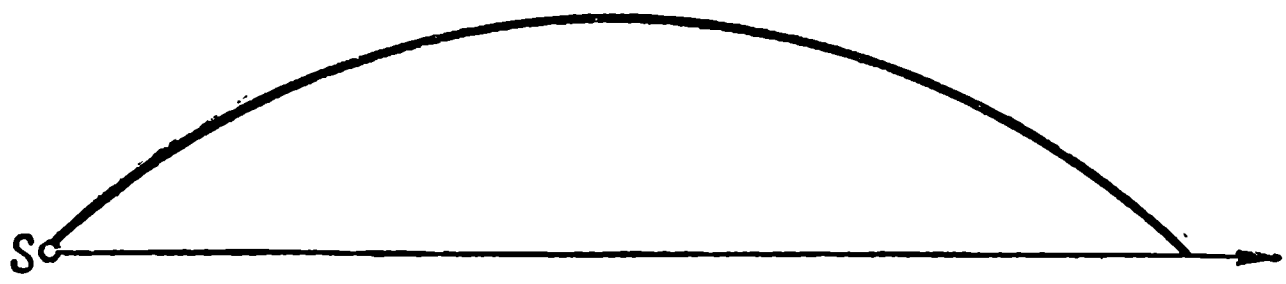


Рис. 29. Искривление звукового луча при увеличении скорости звука с высотой

полностью отразится от поверхности раздела. Такое явление называется **полным внутренним отражением.** Если взять достаточно тонкие слои (теоретически бесконечно тонкие), то звуковой луч в атмосфере будет иметь такой вид, как это показано на рис. 29.

Если скорость звука в верхних слоях атмосферы будет убывать, звуковой луч будет таким, как показано на рис. 30. Так как скорость звука в атмосфере зависит от температуры воздуха, то преломление звуковых лучей должно происходить на границе двух слоев воздуха с разными температурами.

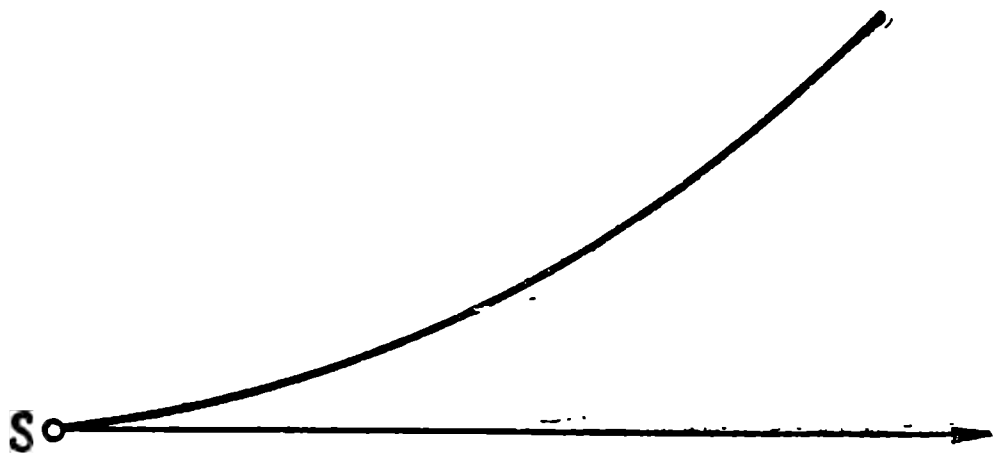


Рис. 30. Искривление звукового луча при уменьшении скорости звука с высотой

Различия в температурах наблюдаются преимущественно между горизонтальными слоями воздуха, причем наиболее часто происходит постепенное изменение температуры при переходе из одного слоя в другой. Атмосферу, физическое состояние которой изменяется только в одном направлении, будем называть **равномерно неоднородной.**

При увеличении температуры с высотой звуковые лучи будут загибаться книзу, как это показано на рис. 29, а при уменьшении температуры с высотой — кверху, как показано на рис 30.

Вообще звуковые лучи всегда загибаются в сторону меньшей скорости звука.

Летом в дневное время обычно температура с высотой падает. Соответствующая картина хода лучей показана на рис. 31.

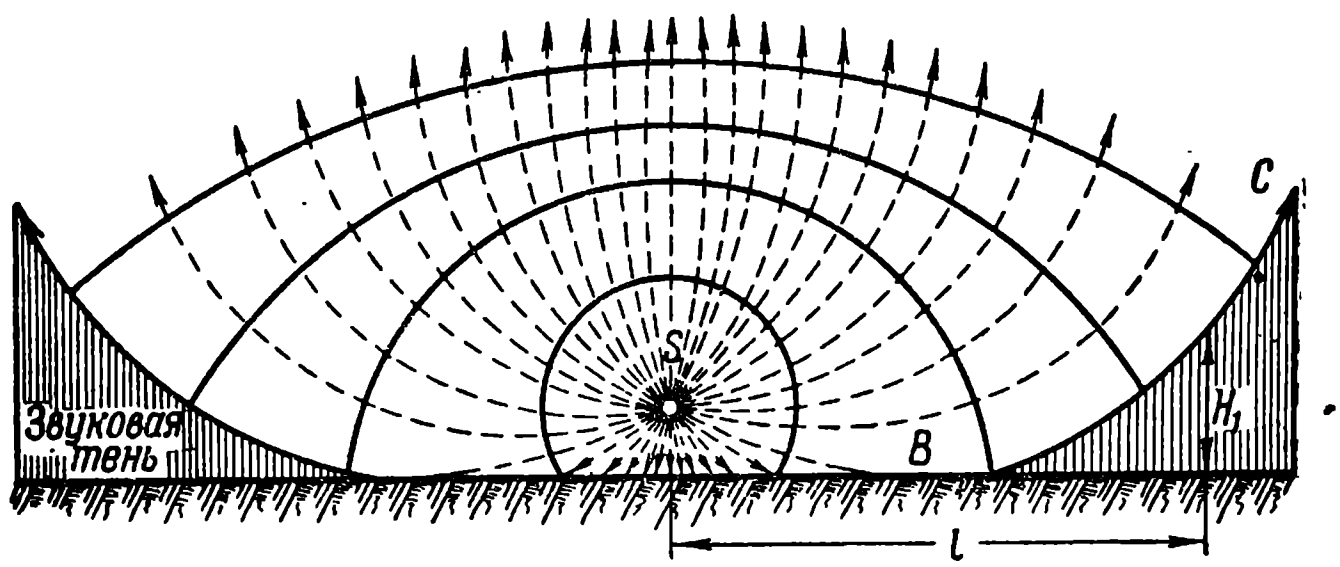


Рис. 31. Искривление звуковых лучей при понижении температуры с высотой

Среди множества звуковых лучей в этих условиях можно найти такой луч *SBC*, который будет только касаться земной поверхности (земную поверхность мы будем считать совершенно ровной и плоской). Начиная от точки касания *B*, часть этого луча *BC*, загибающаяся кверху, ограничивает область, в которую непосредственно не может попасть уже ни один звуковой луч, идущий от источника звука *S*. За этой границей начинается область звуковой тени. Точка *B* будет границей района слышимости на поверхности земли. Если же в области звуковой тени подняться на некоторую высоту H_1 и достигнуть границы звуковой тени, то слышимость восстанавливается.

Расчеты показывают, что при вертикальном градиенте температуры [1] в 0,6° на 100 *м* высоты, что соответствует средним условиям,

[1] Вертикальным градиентом температуры называется величина изменения температуры на каждые 100 *м* увеличения высоты над земной поверхностью.

звук выстрела, произведенного на высоте 1 *м* над землей, не может быть слышим лежащим на земле наблюдателем с расстояния около 0,5 *км*.

Если же источник звука находится на поверхности земли, то звуковая тень должна начинаться в непосредственной близости от него.

Однако в действительности звук, хотя и ослабленный, бывает слышен гораздо дальше. Причина этого в том, что расчет сделан для идеально ровной и плоской земной поверхности и для идеальной равномерно неоднородной атмосферы. В действительных же условиях вследствие неровностей поверхности земли происходит диффузное отражение звука, которое способствует проникновению звуковых волн и в область звуковой тени. Диффузному отражению способствует неоднородность и завихренность атмосферы.

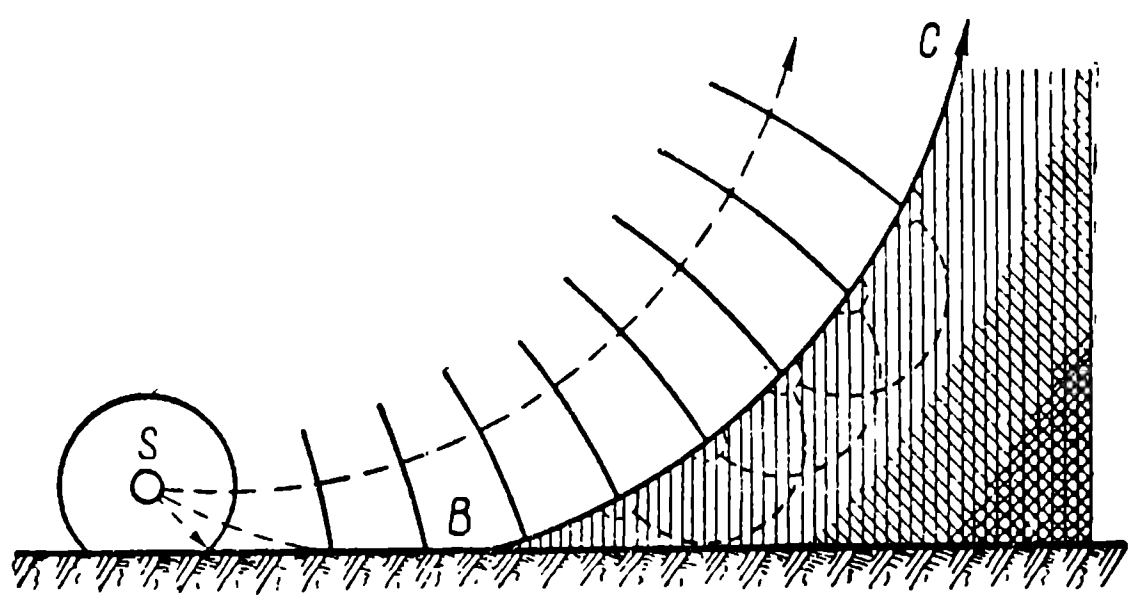


Рис. 32. Дифракция звука в области звуковой тени

В тех случаях, когда такое отражение значительно ослаблено или почти отсутствует, как например, над гладкой водной поверхностью, звуковая тень обнаруживается весьма отчетливо.

Проникновению звуков в области звуковой тени способствует и дифракция звука. Так как вдоль границы звуковой тени скользит звуковая волна, то частицы воздуха, расположенные на этой границе, становятся согласно принципу Гюйгенса центрами вторичных волн, которые начинают распространяться и вниз, в область звуковой тени (рис. 32).

С увеличением вертикального градиента температуры район слышимости сокращается, так как звуковые лучи будут загибаться более круто. Наибольшие градиенты наблюдаются в жаркую летнюю погоду. От этого в еще большей мере, чем от рассеивания звука, ухудшается слышимость, особенно перед грозой. Совместное действие рефракции и рассеивания звука в подобных условиях может вызвать почти полную акустическую «закупорку» атмосферы, когда в область звуковой тени не будут проникать даже дифракционные волны.

Как выше было показано, при увеличении температуры с высотой [1] все звуковые лучи будут загибаться книзу (рис. 33). Здесь уже не может образоваться звуковая тень, так как все лучи рано или поздно возвращаются на поверхность земли. В этих условиях слышимость будет особенно хорошей.

Нетрудно видеть, что высота, на которую поднялся звуковой луч, достигающий наблюдателя, тем больше, чем дальше находится этот наблюдатель от источника звука. Расчеты показывают, что при удалении на 15—20 *км* эта высота может достигать 1000 и более метров.

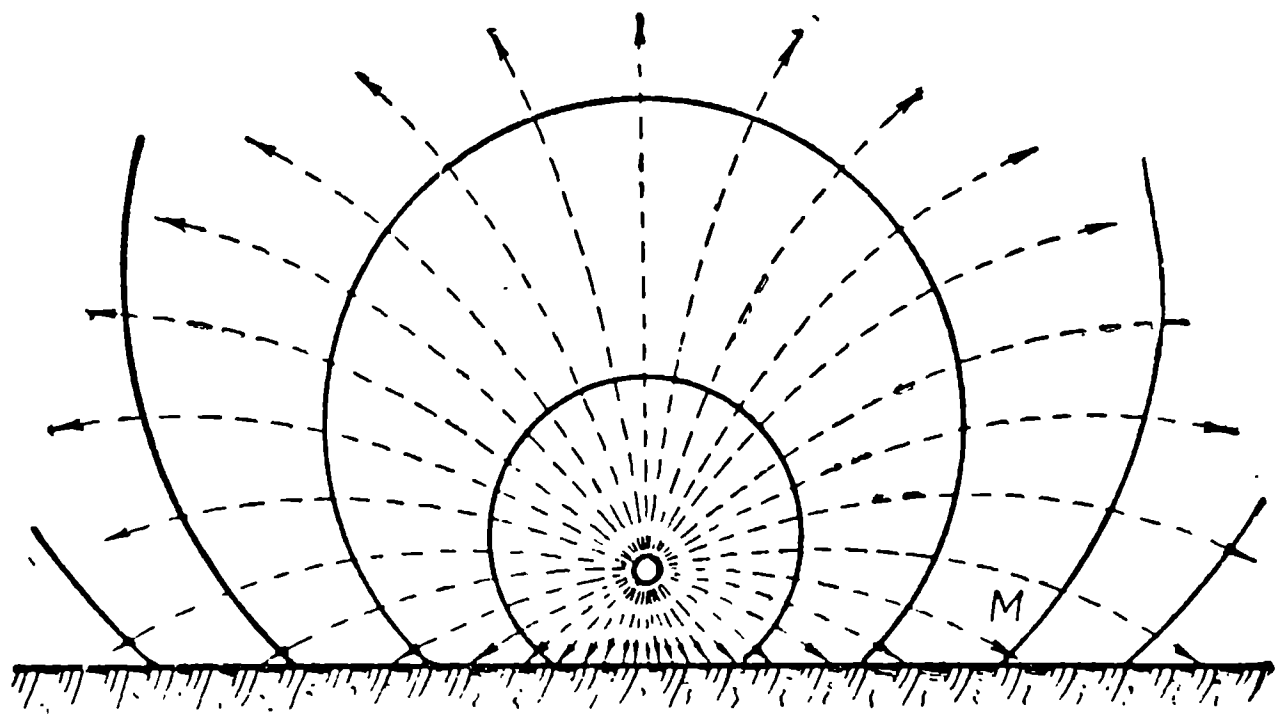


Рис. 33. Искривление звуковых лучей при повышении температуры с высотой

Инверсии, начинающиеся непосредственно у поверхности земли, наблюдаются преимущественно в зимнее время. Особенно резкие приземные инверсии образуются при сильных морозах, причем высота слоя атмосферы, охваченного инверсией, может достигать 1—2 *км*. Ночью инверсии усиливаются. Инверсии наблюдаются также и летом, в ночные часы, особенно перед восходом солнца.

Рассмотрим теперь случай, когда температура сначала понижается с высотой, а затем повышается (инверсия в свободной атмосфере). Здесь до границы слоя инверсии звуковые лучи загибаются кверху и образуется звуковая тень (рис. 34, *а*). В слое же инверсии они начинают загибаться в обратную сторону и в результате могут снова вернуться на земную поверхность. В подобных случаях от начала звуковой тени, в точке *A*, и до конца ее, в точке *B*, образуется **зона молчания,** в которую могут попадать только диффузные и дифракционные волны. За пределами зоны молчания слышимость снова восстанавливается, и начинается так называемая зона аномальной слышимости.

---

[1] Явление увеличения температуры с высотой называется инверсией температуры. Слоем инверсии называется слой атмосферы, в котором наблюдается это явление.

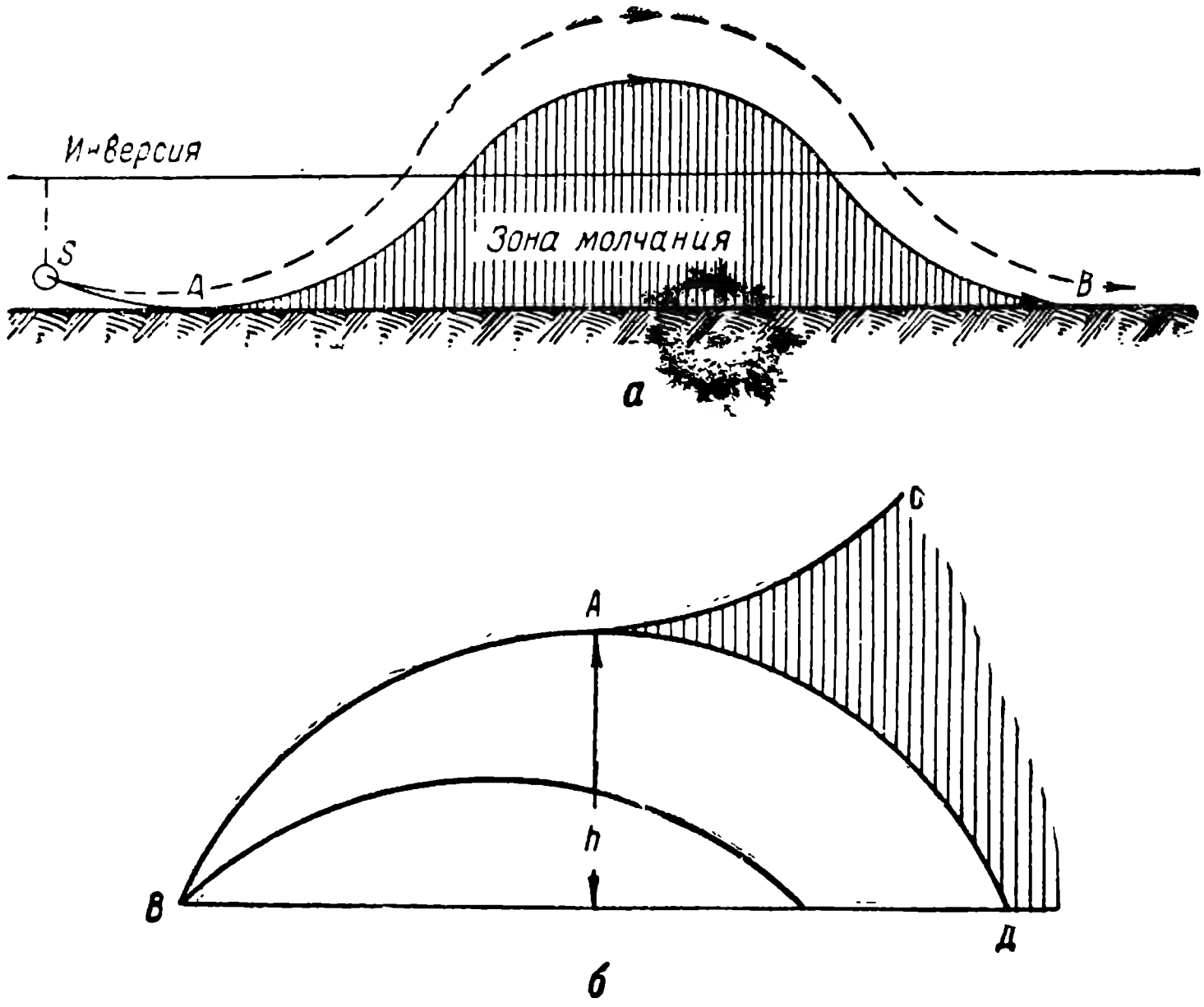


Рис. 34. Искривление звукового луча:
а — вначале при понижении, а затем при повышении температуры с высотой;
б — вначале при повышении, а затем при понижении температуры с высотой

На рис. 34, *б* показан вид звуковых лучей при повышении температуры до высоты h, а затем при понижении температуры. На рисунке видно, что нижний луч искривляется как обычно при повышении температуры с высотой. Второй же луч в точке A как бы раздваивается, одна часть — $АД$, симметричная половине его $ВА$, пересекает горизонтальную линию $ВД$ в точке $Д$, а другая часть, искривляясь от точки A, идет кверху. В этом случае хорошая слышимость возможна только на небольших дальностях ($ВД$), а дальше образуется звуковая тень (на рис. 34, *б* — в секторе $САД$).

Итак, подводя итог сказанному, можно заключить, что слышимость в атмосфере сильно связана с условиями распределения температуры с высотой. При повышении температуры с высотой слышимость увеличивается, а при понижении температуры с высотой уменьшается.

Влияние на слышимость изменения скорости ветра с высотой

Рефракция звука происходит не только при изменении температуры с высотой, но и при изменении скорости ветра с высотой. Искривление звуковых лучей будет происходить:

1) при попутном ветре, усиливающемся с высотой (направление продольной слагающей ветра совпадает с направлением распространения звука);

2) при попутном ветре, уменьшающемся с высотой;
3) при встречном ветре, усиливающемся с высотой;
4) при встречном ветре, уменьшающемся с высотой.

Под попутным (встречным) ветром подразумевается продольная слагающая его по направлению (против направления) распространения звука.

В первом и четвертом случаях скорость звука с высотой будет увеличиваться и звуковые лучи будут загибаться книзу, как это показано на рис. 35.

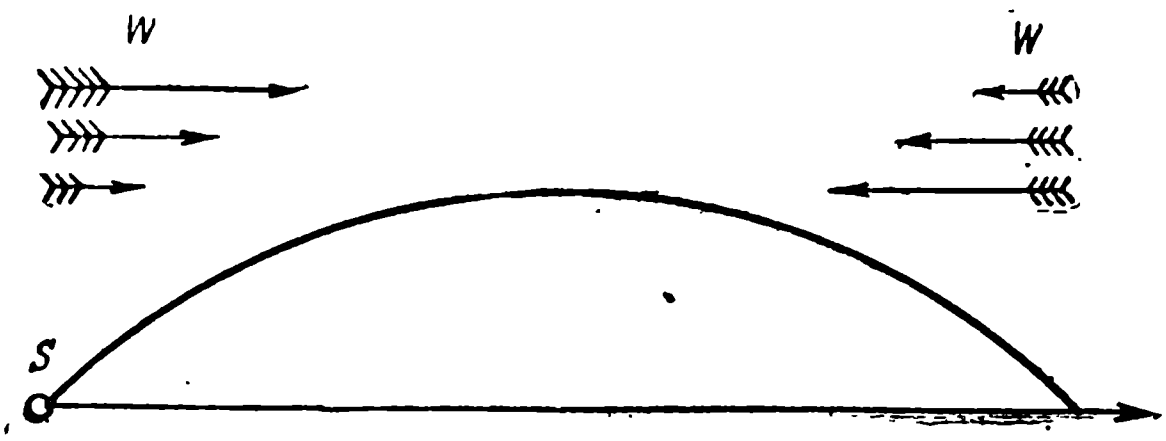


Рис. 35. Искривление звукового луча при попутном ветре, увеличивающемся с высотой, и при встречном ветре, уменьшающимся с высотой

Во втором и третьем случаях скорость звука с высотой будет уменьшаться и звуковые лучи будут загибаться кверху, как это показано на рис. 36.

В соответствии с этим в первом и четвертом случаях слышимость будет лучше, чем во втором и в третьем случаях.

Рис. 36. Искривление звукового луча при попутном ветре, уменьшающемся с высотой, и при встречном ветре, увеличивающемся с высотой

В естественных условиях распределения ветра по высоте скорость ветра возрастает неравномерно. Особенно резко она увеличивается в самом нижнем слое до высоты 40—50 *м* от земли. Следующая ступень — до высоты 500—800 *м* — характеризуется уже более медленным нарастанием скорости.

Наконец, выше этой границы скорость ветра если и возрастает, то весьма незакономерно.

Заметим, что хотя уменьшение скорости ветра с высотой и редко встречающееся явление, но все же с ним приходится считаться.

Условия, благоприятные и неблагоприятные для слышимости в зависимости от состояния атмосферы

Известно, что слышимость в сильной степени зависит от состояния атмосферы. Атмосфера может быть **однородной, равномерно неоднородной** и **неоднородной.** В зависимости от этого звуковые лучи имеют ту или иную форму. При однородном состоянии атмосферы они идут во всех направлениях в виде прямых линий, при равномерно неоднородной атмосфере звуковые лучи загибаются кверху или книзу.

В зависимости от хода лучей условия слышимости могут быть средними (при однородном состоянии атмосферы), благоприятными и неблагоприятными (при равномерно неоднородном состоянии атмосферы) или только неблагоприятными (при неоднородном состоянии атмосферы).

При благоприятном распределении температуры и ветра с высотой звуки выстрелов 152-*мм* орудия принимаются на дальностях до 25 *км*, а при неблагоприятном распределении указанных метеорологических элементов звуки выстрелов этих же орудий принимаются не дальше 6 *км* (см. также записи на рис. 1).

Благоприятными условиями для слышимости, а следовательно, и для работы звуковой разведки будут следующие: 1) повышение температуры воздуха с высотой; 2) попутный ветер, скорость которого увеличивается с высотой; 3) встречный ветер, скорость которого уменьшается с высотой.

Неблагоприятными условиями будут: 1) понижение температуры воздуха с высотой; 2) встречный ветер, скорость которого увеличивается с высотой; 3) попутный ветер, скорость которого уменьшается с высотой; 4) неоднородность атмосферы, признаками чего являются: грозовое состояние, жаркая солнечная погода, сильный порывистый ветер у поверхности земли (порядка 8—10 *м/сек* и более).

Средние условия создаются при однородной атмосфере, признаками чего являются: туман, моросящий дождь, мелкий снег.

В жаркую солнечную погоду слышимость ночью и ранним утром обычно лучше, чем днем; в пасмурную, туманную погоду слышимость также лучше, чем в ясную. Зимой атмосфера более однородна, чем летом, поэтому зимой слышимость вообще лучше, чем летом.

Чтобы практически определить условия слышимости, а следовательно, и условия работы звуковой разведки при каком-либо состоянии атмосферы, необходимо знать скорость звука по данному направлению в зависимости от распределения метеорологических элементов по высоте. Скорость звука по данному направлению определяют для различных высот и соответственно полученным значениям строят графики [1] скорости звука в зависимости от высоты.

---

[1] Способы построения графиков скорости звука изложены в главе III.

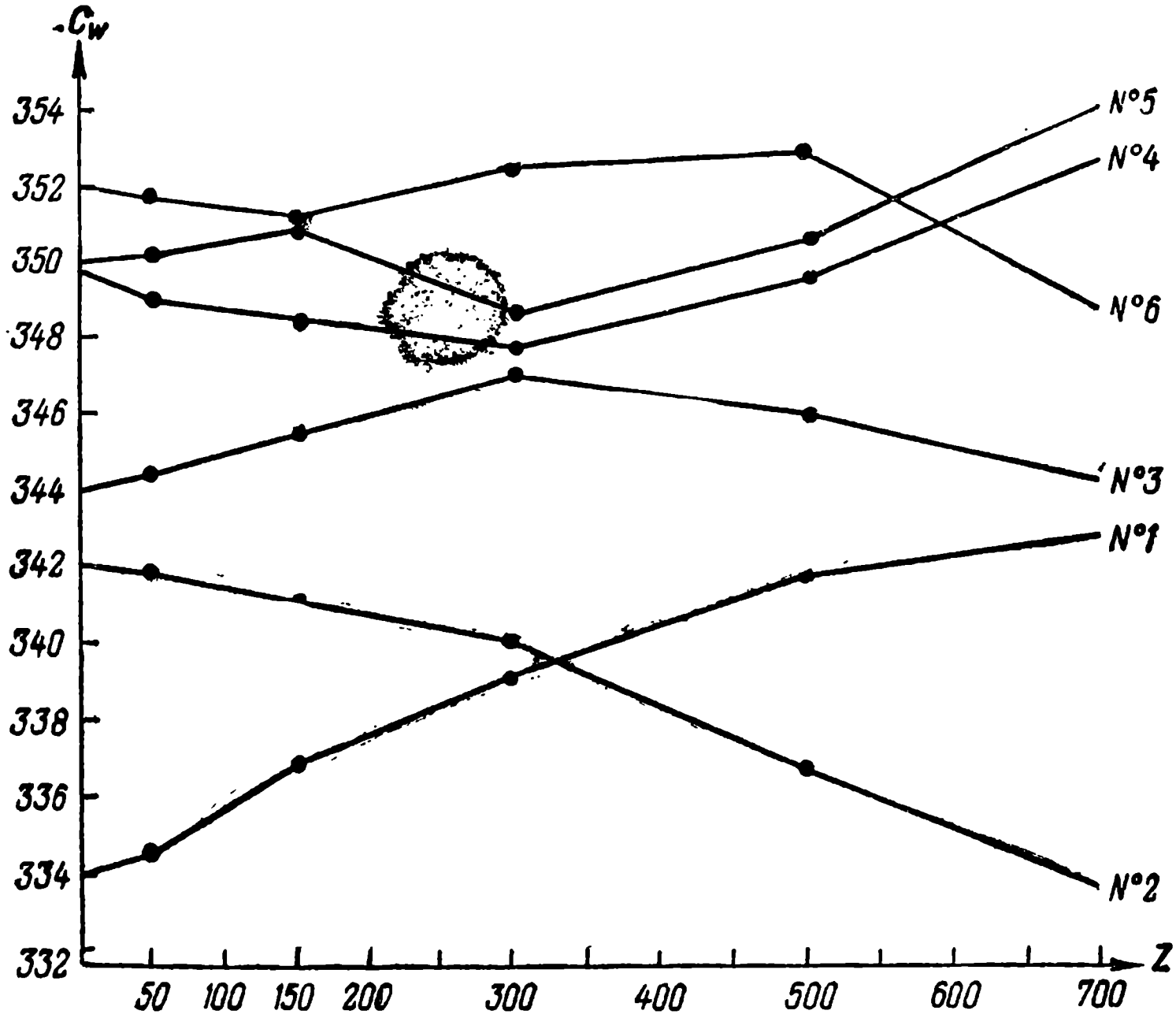


Рис. 37. Графики изменения скорости звука с высотой для определения благоприятных и неблагоприятных условий работы

Если скорость звука с высотой будет увеличиваться, то звуковые лучи будут загибаться книзу и условия для слышимости будут благоприятными, и наоборот. Если скорость звука с высотой изменяться не будет, то условия слышимости будут средними. Однако при построении графиков может оказаться, что они будут иметь довольно сложную форму. Соответствующие исследования и расчеты показывают следующее:

1) условия будут средними, если атмосфера однородна и скорость звука с высотой не изменяется (кривая скорости звука идет примерно горизонтально);

2) условия будут благоприятными, если скорость звука непрерывно увеличивается с высотой (на рис. 37 [1] кривая № 1);

3) условия будут неблагоприятными, если скорость звука с высотой постепенно падает (на рис. 37 кривая № 2);

4) условия будут благоприятными для работы на дальности порядка 15 *км*, если скорость звука сначала увеличивается с высотой (в слое от 2 до 300 *м*), а затем начинает убывать (на рис. 37 кривая № 3);

---

[1] График скорости звука может быть построен так, что высота Z будет откладываться по оси ординат (вверх), а значения скорости звука C_w — по оси абсцисс (по горизонту).

5) условия будут благоприятными на дальностях, превышающих 20 *км*, если скорость звука сначала уменьшается с высотой (в слое от 2 до 300 *м*), а затем начинает возрастать и превышает скорость звука в точке падения кривой (на рис. 37 кривая № 4); на дальностях меньше 20 *км* условия будут неблагоприятными;

6) условия будут благоприятными для ближних (до 5—8 *км*) и дальних целей (более 10 *км*) и неблагоприятными для средних (удаленных на 9—10 *км*), если скорость звука увеличивается с высотой в слое от 2 до 50—150 *м*, а затем уменьшается в слое от 50—150 *м* до 300 *м* (на рис. 37 кривая № 5), после чего снова увеличивается до скорости звука, превышающей скорость в точке падения кривой;

7) наконец, условия будут благоприятными для дальностей порядка 12—25 *км* и неблагоприятными для ближних и очень далеких целей, если скорость звука в слое от 2 до 50—150 *м* сначала убывает с высотой, затем увеличивается в слое от 50—150 до 500 *м* и снова убывает (на рис. 37 кривая № 6).

§ 5. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, МЕСТНОСТИ И ДАЛЬНОСТИ ЗАСЕЧКИ НА ВИД И ХАРАКТЕР ЗАПИСИ ДУЛЬНЫХ ВОЛН И ВОЛН РАЗРЫВОВ СНАРЯДОВ

Ударные волны, в том числе дульные волны и волны разрывов снарядов, обладающие большой мощностью, распространяются на большие расстояния. При своем распространении они претерпевают различного рода изменения, а именно: падает амплитуда давления, изменяются вид и характер самих волн. Рассмотрим изменения вида и характера дульных волн и волн разрывов снарядов непосредственно по записям на ленте звукометрической станции в зависимости от различных условий распространения этих волн в атмосфере.

Известно, что звуки высокой частоты поглощаются средой быстрее, чем звуки низкой частоты. Вследствие этого при удалении в несколько километров от орудия колебания высоких частот в дульной волне пропадают и в дальнейшем распространяются только колебания низкой частоты (инфраколебания). Но частота колебаний низких частот также не остается постоянной; по мере удаления она постепенно убывает, приближаясь к какому-то пределу. Так, например, для дульной волны 107-*мм* пушки на удалении 4 *км* частота колебаний наблюдалась равной 31 колебанию в секунду, а на удалении 10 *км* — 23 колебаниям в секунду.

Дульные волны (волны разрывов снарядов), встречая на своем пути различного рода препятствия, отражаются. Если звукоприемник будет поставлен, например, вблизи строения, крутого обрыва, на опушке леса и т. п., то в результате отражения записи будут получаться с длинным «хвостом» и начало записей будет плохое (рис. 38). Для получения более «чистых» записей не следует располагать звукоприемники вблизи указанных местных предметов.

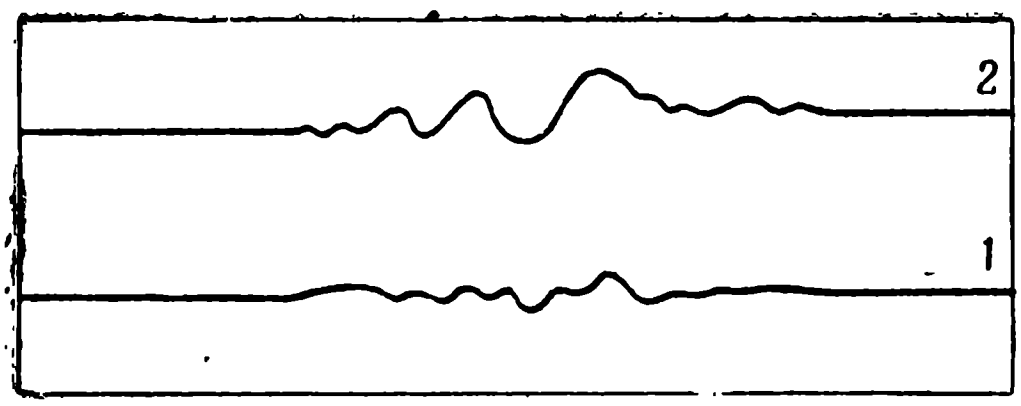


Рис. 38. Записи, полученные при отражении волн от местных предметов

Но звуковые волны отражаются не только от предметов, расположенных на земной поверхности. При хорошей слышимости они могут отражаться от слоев воздуха, имеющих резко выраженные разности в скоростях звука, и от облаков. Облака не представляют собой какой-то ровной поверхности, вследствие чего звуковые волны многократно отражаются от них. В этих случаях записи также получаются с длинным хвостом и плохим началом.

Наконец, звуковые лучи могут приходить с разных высот или при хорошей слышимости могут отражаться от поверхности земли

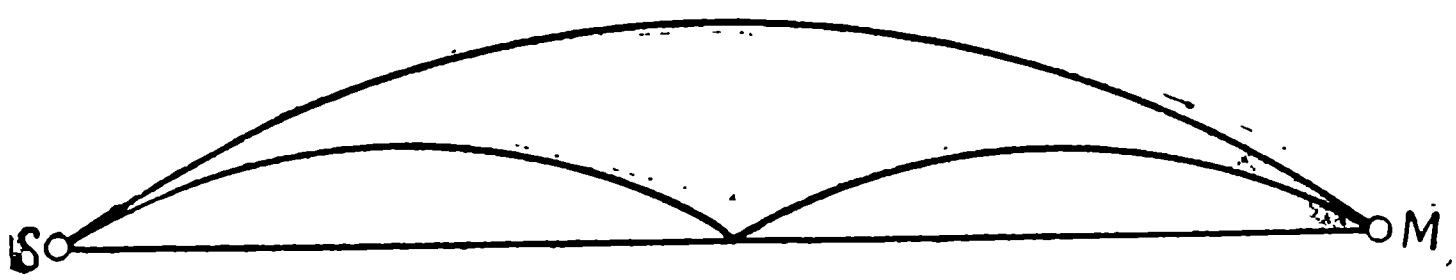


Рис. 39. Отражение звукового луча от поверхности земли

(рис. 39) и звук будет подходить к звукоприемнику M неоднократно, вследствие этого запись начинается мелкими зубчиками (рис. 40 при $Д = 8$ *км*). При плохих условиях слышимости, а также при хороших условиях слышимости, но при больших дальностях засечки таких зубчиков впереди не наблюдается (рис. 40 при

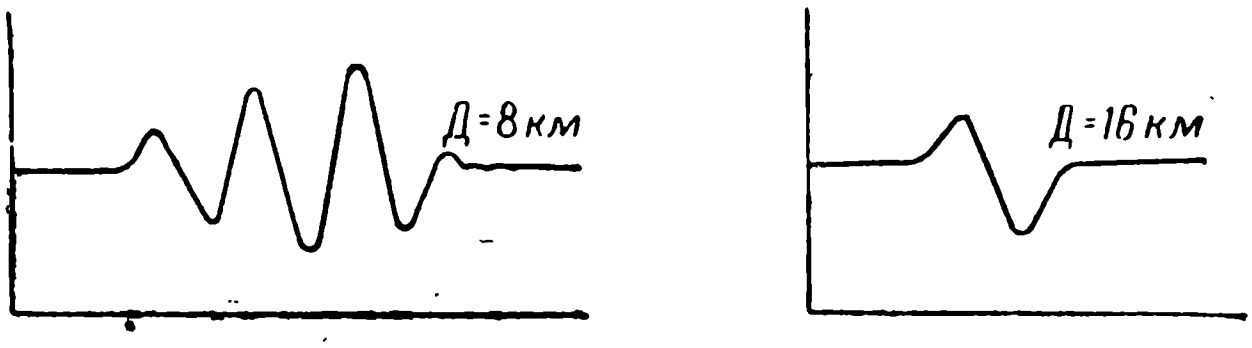


Рис. 40. Изменение характера записи дульной волны с увеличением расстояния от орудия

$Д = 16$ *км*). Из рис. 40 также видно, что по мере увеличения дальности меняется характер записи: амплитуда уменьшается, при очень большой дальности (на рис. 40 при $Д = 16$ *км*) остается только одно колебание, часто с сильно сглаженной вершиной и неясным началом записи.

Качество записей, и в особенности четкость начала их, влияет на точность определения координат целей.

В § 2 главы V приведен ряд образцов записей дульных и баллистических волн и волн разрывов снарядов и указано, как производить определения начал у этих записей. Поэтому здесь останавливаться на этом вопросе не будем.

ЗАДАЧИ К ГЛАВЕ II

1. Рассчитать скорость звука по формуле (12) при $t = +20°$.

(Ответ: 343 *м/сек.)*

2. Рассчитать скорость звука по формуле (12) при $t = -19°$.

(Ответ: 320 *м/сек.)*

3. Определить скорость звука при $t_v = +10°$, при $W = 6$ *м/сек* и $\gamma = 60°$.

(Ответ: 340 *м/сек.)*

4. Определить скорость звука при $t_v = -10°$, при $W = 6$ *м/сек* и $\gamma = 120°$.

(Ответ: 322 *м/сек.)*

5. Определить длину волны λ при $n = 20$ и $C = 330$ *м/сек.*

(Ответ: 16,5 *м.)*

6. Определить период T при $\lambda = 20$ *м* и $C = 330$ *м/сек.*

(Ответ: 0,06 секунды.*)*

7. Определить сектор раздельной слышимости баллистической волны 2φ при $v_0 = 450$ *м/сек* и $C = 350$ *м/сек.*

(Ответ: 78°.*)*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ II

1. Какие колебания называются свободными и вынужденными?
2. Какие колебания возникают в твердых телах и в газообразных?
3. Какие колебания называются продольными и поперечными?
4. Что называется амплитудой колебания?
5. Чему равна круговая частота колебаний?
6. Какие колебания называются затухающими и незатухающими?
7. Что такое спектр волны и как его получают?
8. Что такое инфраколебания и инфразвуки?
9. Что называется акустической волной?
10. Какую поверхность имеют волны в однородной атмосфере?
11. Когда участок шаровой волны может быть принят за плоскую волну?
12. Что называется акустическим лучом?
13. Что называется длиной волны?
14. Что такое бар?
15. Какое соотношение существует между длиной волны, скоростью звука и периодом (частотой колебаний)?
16. Чему равна скорость звука при нормальных условиях и какую скорость принимают за нормальную при работе звуковой разведки?
17. Какой формулой выражается скорость звука в зависимости от температуры?
18. Что такое акустическая виртуальная температура и почему при работе звуковой разведки вместо акустической виртуальной температуры пользуются виртуальной температурой?
19. Чему равна скорость звука в зависимости от ветра?
20. Что такое ударная волна?
21. Как изменяется скорость распространения ударной волны в зависимости от расстояния?
22. Что называется фронтом, тыловой поверхностью и глубиной волны?
23. Какое различие между ударной волной и акустической?
24. Что называется волной дульной, баллистической и волной падения и разрыва снаряда и к какому типу волн они относятся?
25. Что является причинами возникновения дульной волны?
26. Как далеко удален центр дульной волны от дула орудия?
27. Какова частота наиболее мощных колебаний дульной и баллистической волн?

28. Какова зависимость давления дульной волны от угла между направлением плоскости стрельбы и данным направлением?

29. От чего зависит величина давления дульной волны различных орудий?

30. Каковы условия возникновения баллистической волны?

31. Что называется сектором раздельной слышимости баллистической волны и от чего зависит величина его?

32. Какова мощность волн разрывов снарядов по сравнению с мощностью дульных волн?

33. Почему звуки низких частот распространяются на более далекие расстояния, чем звуки высоких частот?

34. Какое влияние оказывает на слышимость подстилающая поверхность, рельеф местности и местные предметы?

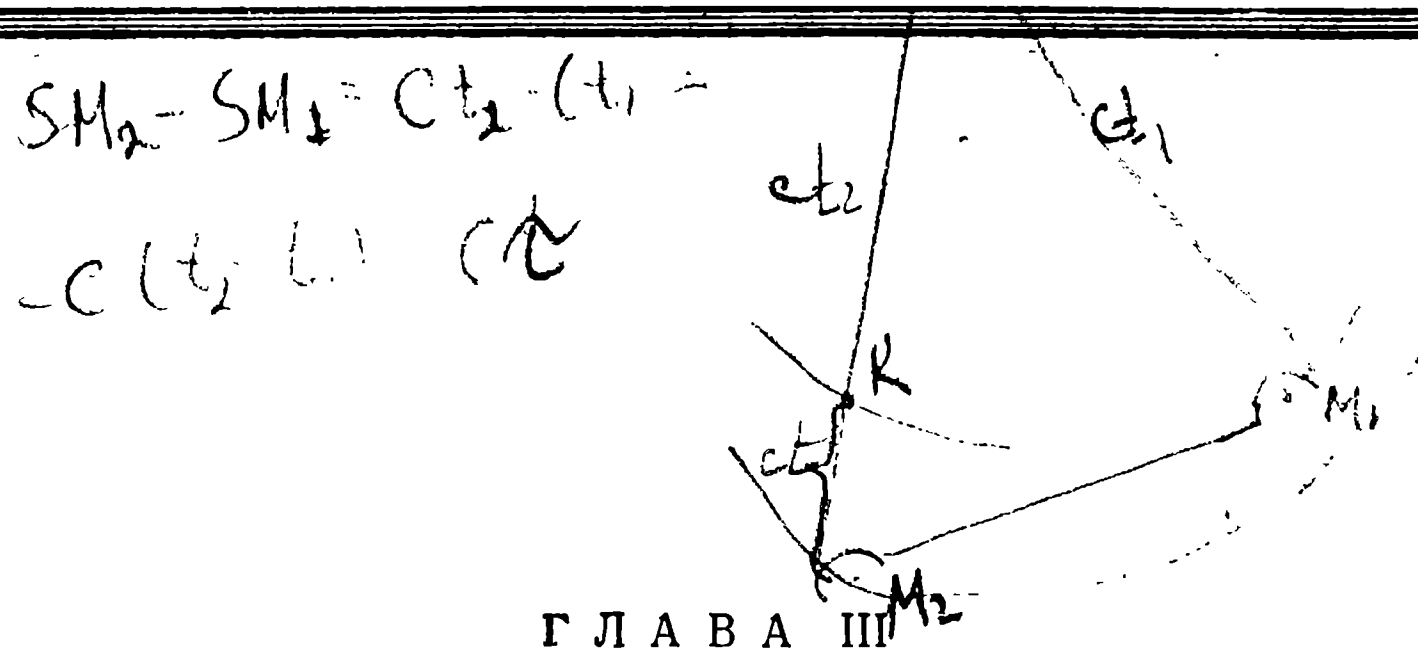
35. Какая местность является наиболее благоприятной для работы звуковой разведки?

36. Почему изменение температуры и ветра с высотой влияет на условия слышимости?

37. Какие условия считаются благоприятными для слышимости и какие неблагоприятными?

38. Каковы практические приемы определения благоприятных и неблагоприятных условий для работы звуковой разведки?

39. Какое влияние оказывает отражение волн на характер их записи?



ГЛАВА III

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЗВУЧАЩЕЙ ЦЕЛИ ПО ПРИНЦИПУ РАЗНОСТИ ВРЕМЕНИ

§ 1. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПО МЕТОДУ ПЛОСКОЙ ВОЛНЫ

Задачи по определению местоположения стреляющих орудий и минометов противника и разрывов снарядов своей артиллерии звуковая разведка выполняет одними и теми же методами. Обе эти задачи сводятся к определению местоположения источника звука независимо от того, являются ли источниками звука выстрелы из орудий или разрывы снарядов (мин).

Для определения местоположения звучащей цели в звуковой разведке пользуются **принципом разности времени.**

Рассмотрим сначала решение задачи в наиболее простых условиях работы, а именно: когда местность горизонтальная, атмосфера однородна и ветра нет.

Выберем на этой местности какие-либо две точки, достаточно удаленные одна от другой, и поставим в эти точки звукоприемники (описание устройства звукоприемника дано в главе IV). Пусть эти точки будут M_1 и M_2 (рис. 41) и пусть источник звука находится в точке S.

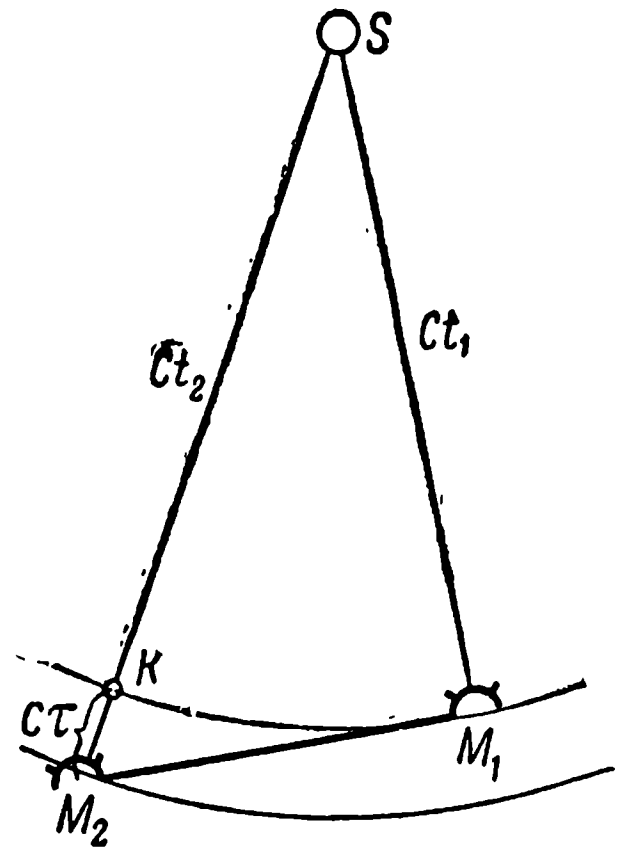


Рис. 41. Расстояния от звукоприемников до источника звука неодинаковы

Предположим, что звуковая волна, распространяясь от источника звука (точки S), дойдет до звукоприемника M_1 за время t_1, а до звукоприемника M_2 за время t_2. Так как точка M_2 находится дальше от источника звука, чем точка M_1, то и t_2 будет больше t_1. Обозначим разность между t_2 и t_1 через τ, тогда

$$t_2 - t_1 = \tau. \qquad (1)$$

Зная разность времени τ, нетрудно определить и разность расстояний M_2K (см. рис. 41). Действительно, расстояния SM_2 и SM_1

можно выразить через Ct_2 и Ct_1, где C — скорость звука, тогда разность между ними будет

$$SM_2 - SM_1 = Ct_2 - Ct_1 = C(t_2 - t_1),$$

или согласно уравнению (1)

$$SM_2 - SM_1 = C\tau. \qquad (2)$$

Пример. Пусть $t_2 = 21{,}5$ секунды, а $t_1 = 20$ секунд и $C = 333{,}3$ *м/сек*. Определить разность расстояний $C\tau$.

Решение. Разность времени τ равна 1,5 секунды, поэтому разность расстояний $C\tau = 333{,}3 \cdot 1{,}5 \approx 500$ *м*.

В дальнейшем по разности времени τ или по разности расстояний $C\tau$ определяют направление на источник звука.

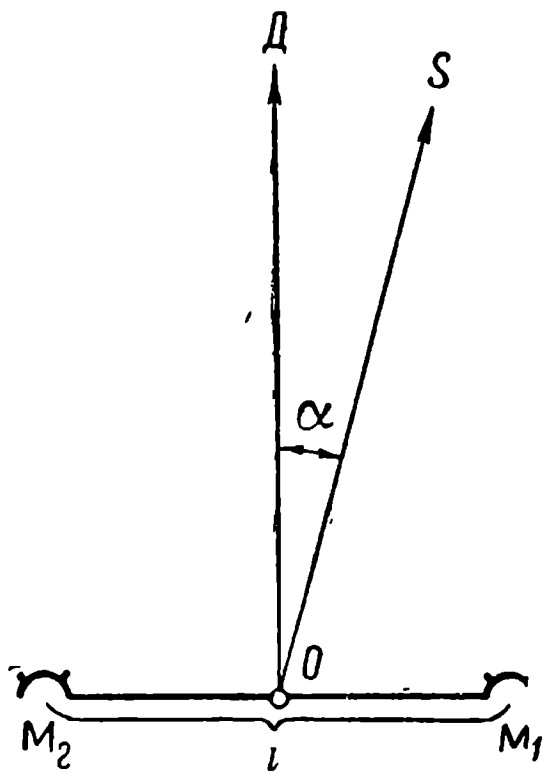


Рис. 42. Элементы акустической базы

Таким образом, **принцип разности времени** заключается в том, что по разности между временем прихода звука к двум звукоприемникам определяют направление на источник звука.

Для облегчения дальнейших рассуждений введем некоторые обозначения, принятые в звуковой разведке.

Расстояние между двумя звукоприемниками, при помощи которых определяется разность времени τ, называют **акустической базой.** Длину акустической базы обозначают через l.

Середину акустической базы называют **центром акустической базы** и обозначают через O (рис. 42).

Расстояние между центрами двух крайних акустических баз (между точками O) называют **геометрической базой** (см. рис. 45).

Перпендикуляр $OД$ (см. рис. 42), восставленный из центра акустической базы, называют **директрисой акустической базы.**

Направление на источник звука проводят из центра акустической базы и угол между директрисой и направлением на источник звука обозначают через α. Угол α считают положительным, если цель лежит справа от директрисы, и отрицательным, если цель лежит слева от нее.

Выведем формулу для определения угла α или, вернее, синуса этого угла.

Предположим, что звукоприемники стоят в точках M_1 и M_2 (рис. 43), и будем считать, что на этом участке проходящая звуковая волна будет плоской.

Заметим, что это положение будет совершенно справедливым только в том случае, если источник звука находится на бесконечно большом удалении от звукоприемников. Но практически, как увидим из сказанного в § 3 настоящей главы, это положение можно

считать справедливым и тогда, когда удаление источника звука от центра акустической базы больше девяти баз, т. е. когда $OS > 9l$.

Проведем через точку O звуковой луч SO и получим угол α, определяющий направление на источник звука. Из определения луча нам известно, что поверхности плоской звуковой волны перпендикулярны к направлению луча. Поэтому фронт звуковой волны [1] при подходе ее к звукоприемнику M_1 будет занимать положение M_1B_1 (см. рис. 43), перпендикулярное к лучу OS, и при подходе к звукоприемнику M_2 будет занимать положение M_2B_2, также перпендикулярное к лучу OS.

Из рис. 43 видно, что для того, чтобы звуковая волна из положения M_1B_1 перешла в положение M_2B_2, ей надо пройти расстояние KN. Это расстояние звуковая волна пройдет за время τ, поэтому при скорости звука C расстояние

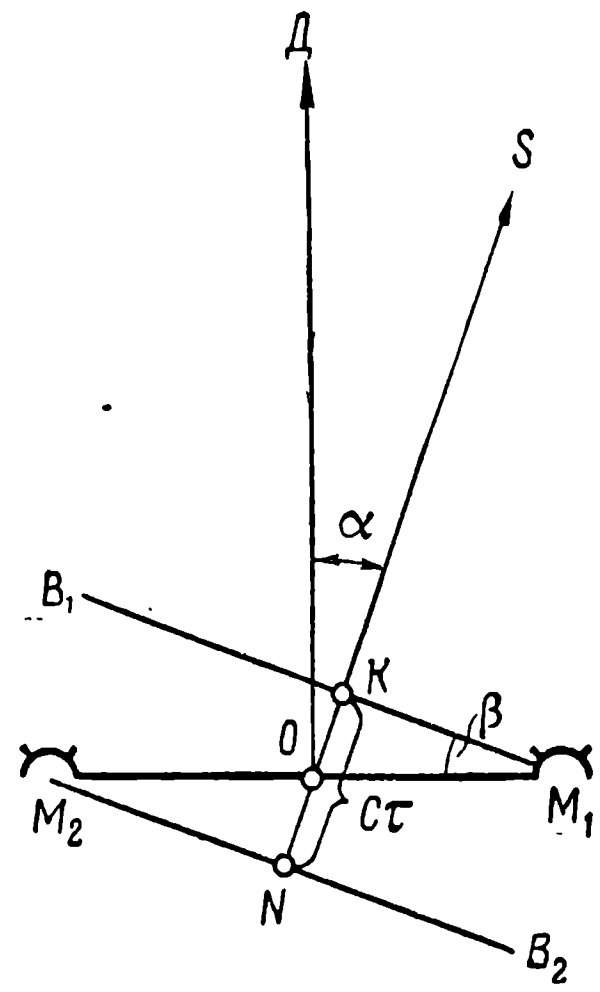


Рис. 43. Положение волны M_1B_1 и B_2M_2 на участке акустической базы M_1M_2 представлено прямыми линиями

$$KN = C\tau.$$

Рассмотрим теперь прямоугольный треугольник KOM_1 с прямым углом при точке K. Из этого прямоугольного треугольника находим, что синус угла β будет равен отношению KO к OM_1, т. е.

$$\sin\beta = \frac{KO}{OM_1}.$$

Но

$$KO = \frac{1}{2}KN = \frac{1}{2}C\tau; \text{ а } OM_1 = \frac{1}{2}l,$$

отсюда

$$\sin\beta = \frac{C\tau}{l}.$$

Углы α и β равны между собой как углы с перпендикулярными сторонами, поэтому

$$\sin\alpha = \frac{C\tau}{l}. \qquad (3)$$

Формула (3) является основной звукометрической формулой.

Из формулы (3) видно, что действительно, зная разность времени τ, нетрудно определить угол α, а следовательно, и направление на источник звука.

В правой части этого равенства все величины известны. C — скорость звука при данной виртуальной температуре, величина τ опре-

[1] Вернее, проекция его на горизонтальную плоскость.

деляется при помощи звукометрической станции, а длина базы l — по координатам звукоприемников. Зная же синус угла α, нетрудно определить и угол α.

Пример. При $C = 330$ *м/сек*, $\tau = 1{,}5$ секунды и $l = 1\,000$ *м*

$$\sin\alpha = \frac{330 \cdot 1{,}5}{1\,000} = 0{,}495.$$

Таким образом, определение направления на источник звука сводится в основном к решению уравнения (3).

При решении задачи необходимо знать, в какую сторону относительно акустической базы надо строить директрису. На практике эта задача облегчается тем, что положение цели относительно акустической базы всегда бывает известно, поэтому директрису направляют в сторону, обращенную к противнику. Вопрос, вправо или

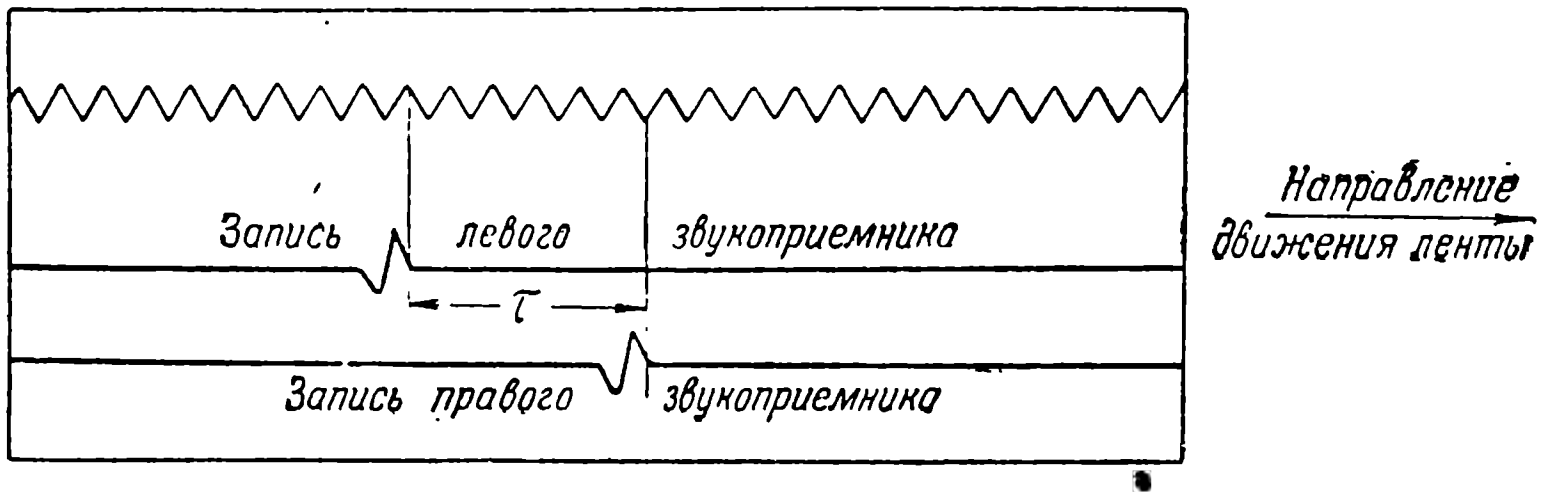


Рис. 44. Записи на ленте при приеме звука двумя звукоприемниками одной базы

влево от директрисы надо откладывать угол α, решается в зависимости от знака τ, что в свою очередь определяется по расположению записей на ленте. Действительно, если источник звука находится, например, справа от директрисы, то звук придет сначала к правому звукоприемнику данной базы. Значит, запись правого звукоприемника на ленте будет впереди записи левого звукоприемника (рис. 44). В этом случае разность времени, а следовательно, и угол α ($\sin\alpha$) берут с плюсом.

Если источник звука находится слева от директрисы, то звук придет сначала к левому звуковому посту данной базы и на ленте впереди будет запись левого звукоприемника. В этом случае разность времени, а следовательно, и угол α ($\sin\alpha$) берут со знаком минус.

Для практической работы формулу (3) несколько упрощают. Обозначим время, за которое звук со скоростью C пройдет вдоль акустической базы, через T и тогда можем написать, что $l = CT$. Разделив теперь числитель и знаменатель правой части формулы (3) на C и обозначив $\frac{l}{C}$ через T, получим:

$$\sin\alpha = \frac{\tau}{T}. \qquad (4)$$

Величину T называют **базой во времени** и определяют по формуле

$$T = \frac{l}{C}. \qquad (5)$$

Пример. При $C = 330$ *м/сек*, $l = 1\,000$ *м* и $\tau = 1{,}5$ секунды получаем $T = \frac{1\,000}{330} = 3{,}030$ секунды, откуда $\sin\alpha = \frac{1{,}5}{3{,}030} = 0{,}495$.

В практической работе подразделений звуковой разведки направление на источник звука (на цель) принято определять непосредственно по синусу угла α, поэтому формулу (4) считают **рабочей формулой** для определения направления на источник звука. Из этой формулы видно, что для определения синуса угла α надо получить величину τ и разделить ее на базу во времени T.

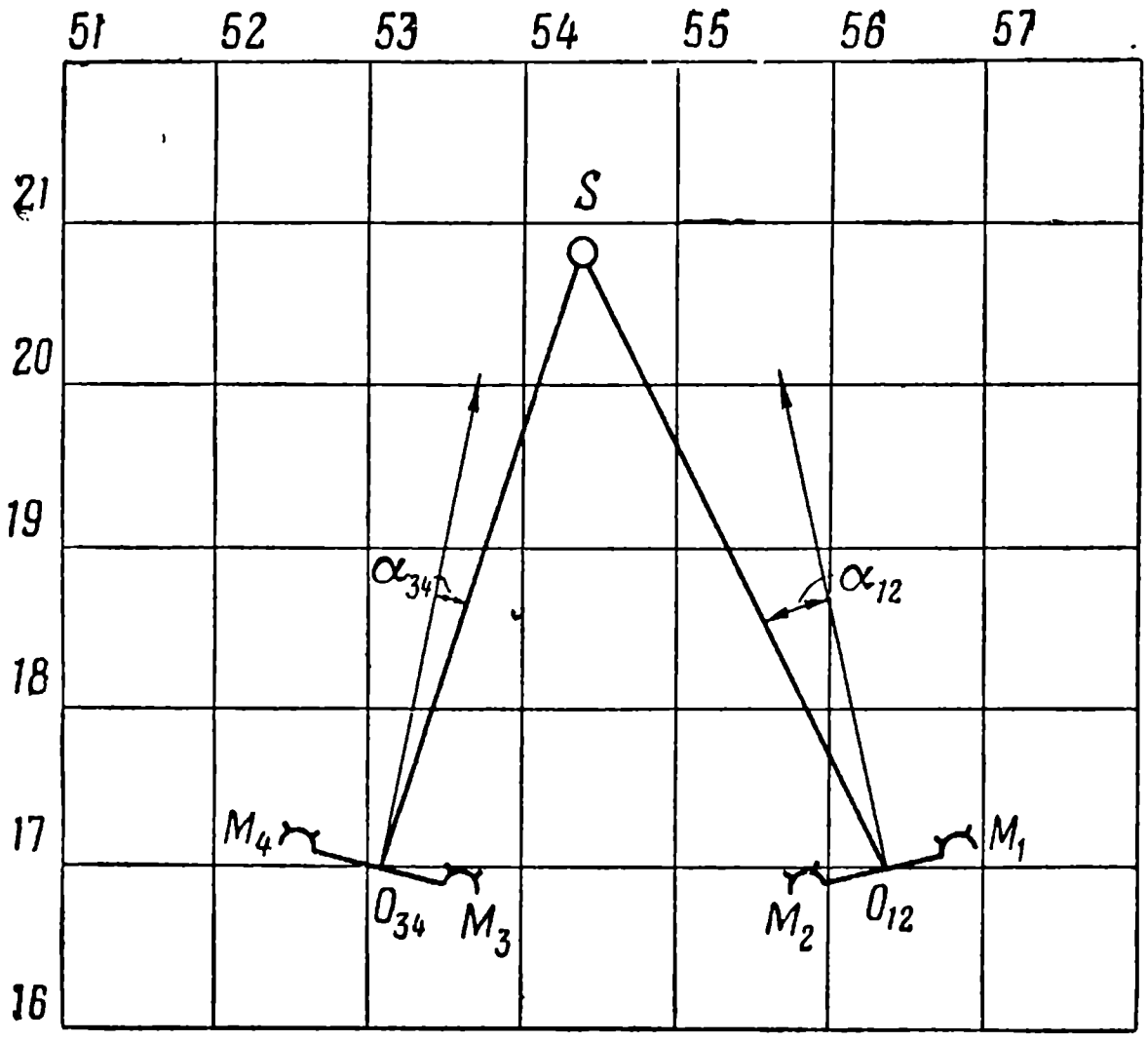


Рис. 45. Определение положения цели при наличии двух баз

Подобным же образом определяют синус угла α с другой акустической базы. Для этого надо только знать соответствующую величину и знак τ и базу во времени T. При наличии величин углов α с двух акустических баз (или синусов этих углов) на планшете строят направления и получают положение цели (рис. 45).

Заметим, что при $\tau = 0$ синус угла α в формуле (4) обращается в нуль. Это свидетельствует о том, что источник звука находится на равном расстоянии от звукоприемников данной акустической базы, т. е. что он лежит на ее директрисе (рис. 46).

Задача 1. Определить $\sin\alpha$ при $l = 975$ *м*, $t = +10°$ и $\tau = 0{,}850$ сек.
Задача 2. Определить $\sin\alpha$ при $l = 1\,025$ *м*, $t = -10°$ и $\tau = 1{,}020$ сек.
Задача 3. Определить $\sin\alpha$ при $l = 1\,520$ *м*, $t = +15°$ и $\tau = -0{,}160$ сек.

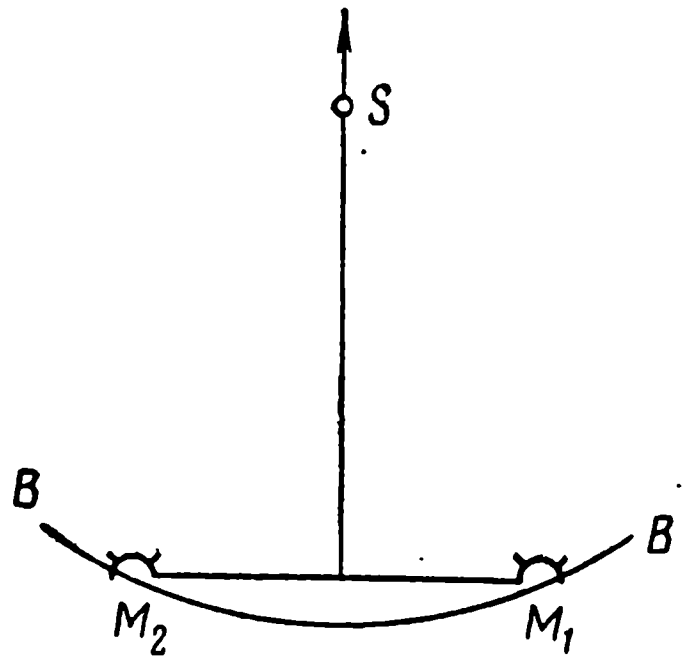


Рис. 46. Расстояния от звукоприемников до источника звука одинаковы, т. е. источник звука расположен на директрисе

Выше при выводе основной формулы (3)

$$\sin\alpha = \frac{C\tau}{l}$$

мы принимали акустическую волну на участке базы M_1M_2 плоской, в действительности же этот участок является частью сферической волны и не является плоским. И чем меньше будет расстояние от цели до центра акустической базы, тем будет больше отличаться этот участок сферической волны от плоской волны. Поэтому при удалениях от цели до центра акустической базы менее $9l$ формула (3) является недостаточно точной. Вследствие этого в нее приходится вводить поправку, которую можно назвать **поправкой на сферичность волны.** Величина этой поправки зависит от удаления (чем меньше удаление, тем больше поправка), поэтому в практической работе ее принято называть **поправкой на удаление.**

Вывод формулы этой поправки будет дан в § 3 настоящей главы.

§ 2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПО МЕТОДУ ШАРОВОЙ ВОЛНЫ

Для решения задачи по методу шаровой волны обычно пользуются свойством гиперболы. Рассмотрим основные свойства гиперболы.

Гиперболой называется кривая (рис. 47), обладающая тем свойством, что разность расстояний от любой точки ее до двух других точек, называемых фокусами гиперболы, есть величина постоянная и равная вещественной оси гиперболы. Расстояние между фокусами обозначается через $2c$ и вещественная ось, т. е. расстояние между вершинами гиперболы, обозначается через $2a$. Значит, какую бы точку на гиперболе мы ни взяли, всегда $F_2S_1 - F_1S_1 = 2a$ $(F_1S_2 - F_2S_2 = 2a)$. Зная величины $2c$ и $2a$, можно построить саму гиперболу. Этим свойством и пользуются при определении местоположения источника звука.

Будем считать, что звукоприемники находятся в фокусах гиперболы (см. рис. 47), т. е. считать, что фокусное расстояние равно длине акустической базы или что $2c = l$.

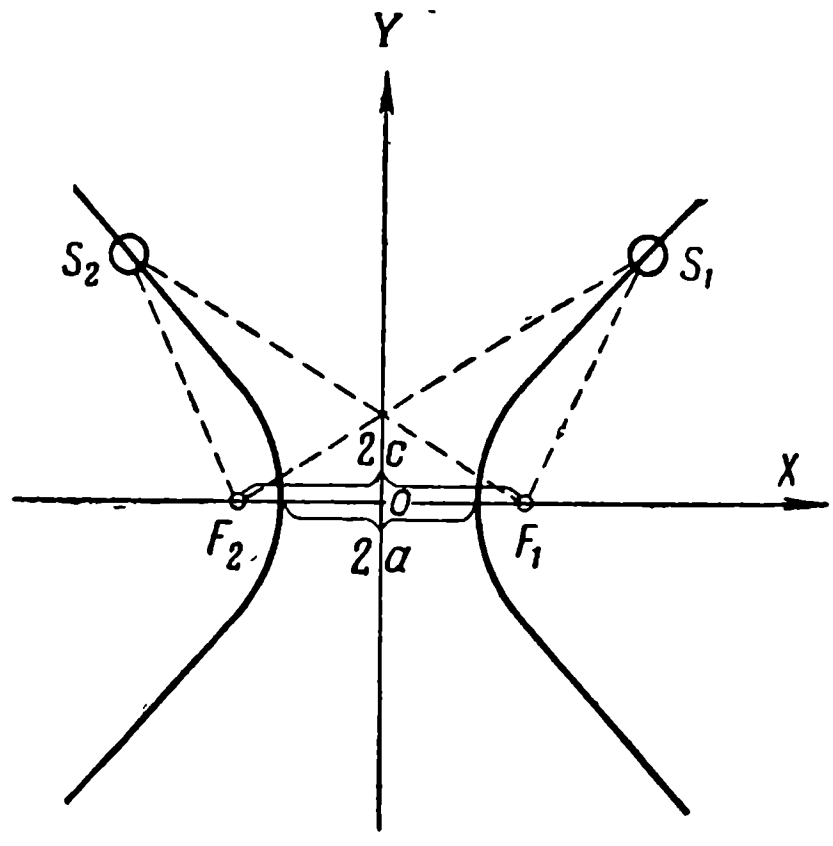


Рис. 47. Гипербола

При данном расположении звукоприемников и данном положении источника звука разность расстояний от него до обоих звукоприемников будет величиной постоянной, т. е. $C\tau = 2a$.

Имея расстояние между фокусами $2c = l$ и вещественную ось $2a = C\tau$, можно построить на планшете гиперболу, на одной из ветвей которой и будет находиться источник звука. Для получения координат источника звука надо иметь две акустические базы, с помощью которых можно получить соответствующие величины τ и построить две гиперболы. Одна из точек пересечения их ветвей (точка S и будет местоположением цели (рис. 48) [1]. В данном случае никаких допущений относительно того, что волна плоская, не делается, поэтому никакой поправки на удаление вводить не надо. Но тем не менее на практике этим способом не пользуются, так как строить гиперболы на планшете по величине $C\tau$ и l нелегко и на это требуется много времени.

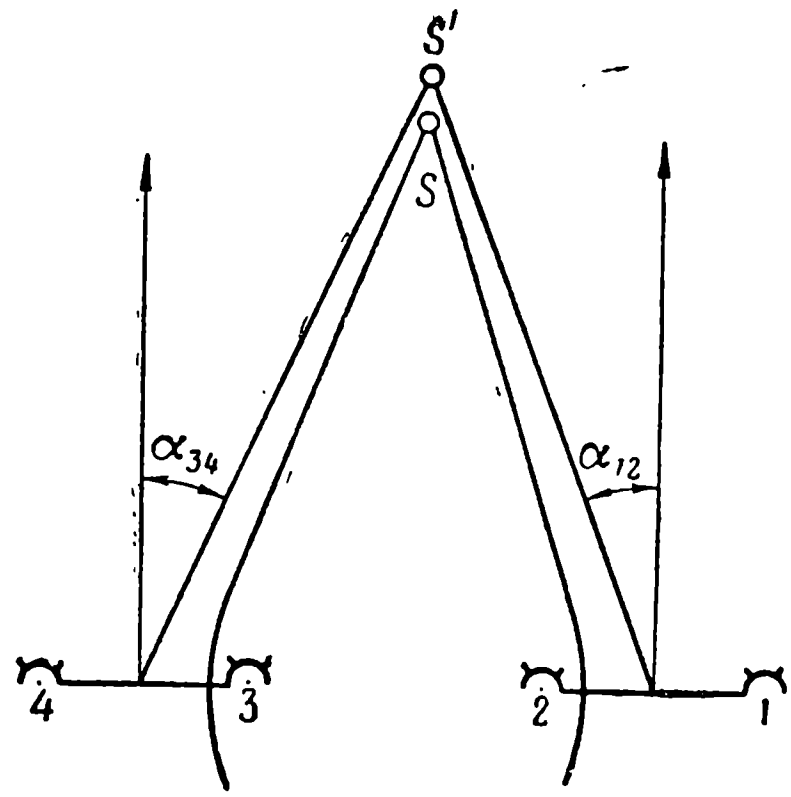


Рис. 48. Определение местоположения цели при помощи гипербол и асимптот

Для аналитического решения задачи путем совместного решения уравнений двух гипербол требуется еще больше времени, чем для графического, поэтому на практике пользуются более простым методом, а именно — методом плоской волны.

§ 3. ПОПРАВКА НА УДАЛЕНИЕ

Для вывода формулы поправки на удаление необходимо познакомиться с основными свойствами асимптоты.

Асимптотой называется прямая (рис. 49), проходящая через середину вещественной оси гиперболы (точку O) и касающаяся ее ветви в точке, бесконечно удаленной от середины вещественной оси.

Будем и в данном случае предполагать, что наши звукоприемники стоят в фокусах гиперболы. Из аналитической геометрии известно, что если мы возьмем на асимптоте отрезок c, равный половине расстояния между фокусами гиперболы, и опустим перпендикуляр из конца этого отрезка точки K на ось X, то основание перпендикуляра попадет в вершину гиперболы — точку N. Отрезок $ON = a$ (половине вещественной оси гиперболы) [2].

Из прямоугольного треугольника KNO следует, что

$$\sin\beta = \frac{a}{c} = \frac{\frac{1}{2}C\tau}{\frac{1}{2}l} = \frac{C\tau}{l}.$$

[1] Точка S' на рис. 48 является пересечением асимптот.

[2] Отрезок $KN = b$, тогда $c^2 = a^2 + b^2$.

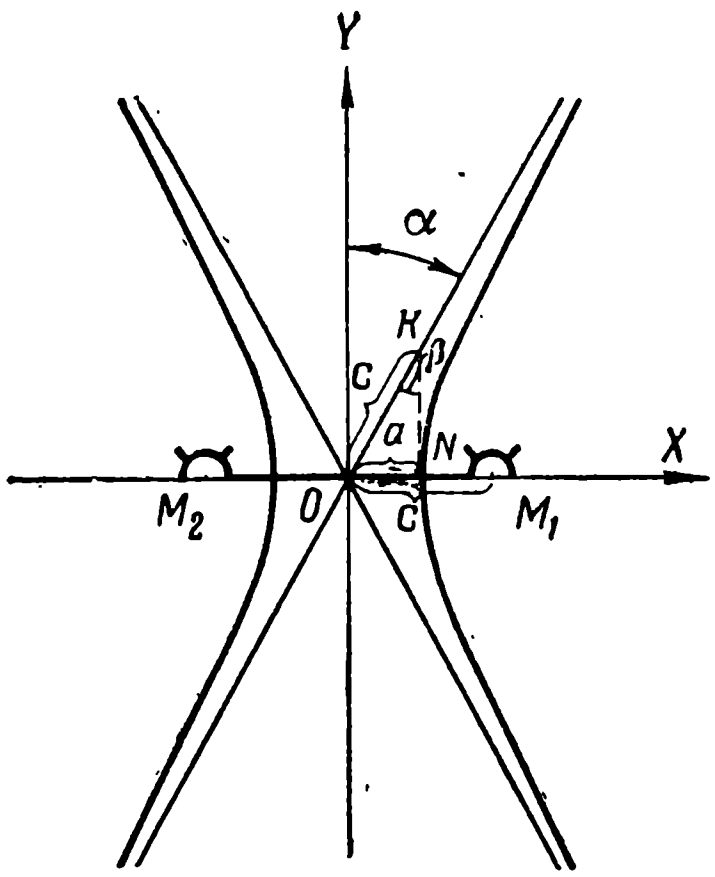


Рис. 49. Гипербола и ее асимптоты

Из рис. 49 видно, что угол α равен углу β, отсюда

$$\sin\alpha = \frac{C\tau}{l},$$

т. е. получаем опять основную формулу (3).

В данном случае мнимая ось гиперболы OY будет директрисой, а асимптота будет определять направление на источник звука.

При наличии двух баз источник звука будет лежать в пересечении асимптот (S'), как это показано на рис. 48.

Таким образом, пользуясь асимптотой, мы получили ту же основную формулу (3), которую получали при методе плоской волны. Это произошло потому, что **решение задачи при помощи асимптоты является по существу решением задачи по методу плоской волны.**

Действительно, решая задачу методом шаровой волны, получаем источник звука на гиперболе. Асимптота же касается гиперболы только в бесконечности, следовательно, полагая, что цель лежит на асимптоте, мы делаем ошибку. Верное решение в этом случае будет только тогда, когда источник звука будет лежать в бесконечно большом удалении от точки O. При бесконечном же удалении источника звука от точки O звуковая волна будет плоской.

С математической точки зрения поправка на сферичность волны (на удаление) сводится в этом случае к поправке на переход от точки, лежащей на асимптоте, к точке, лежащей на гиперболе. Отсюда ясно видно, что чем дальше будет находиться источник звука от точки O, тем ближе будет подходить асимптота к гиперболе и тем меньше будет поправка на удаление. Из рис. 48 также видно, что ветви гиперболы всегда лежат дальше от мнимой оси, чем асимптоты. Это говорит о том, что поправка на удаление должна

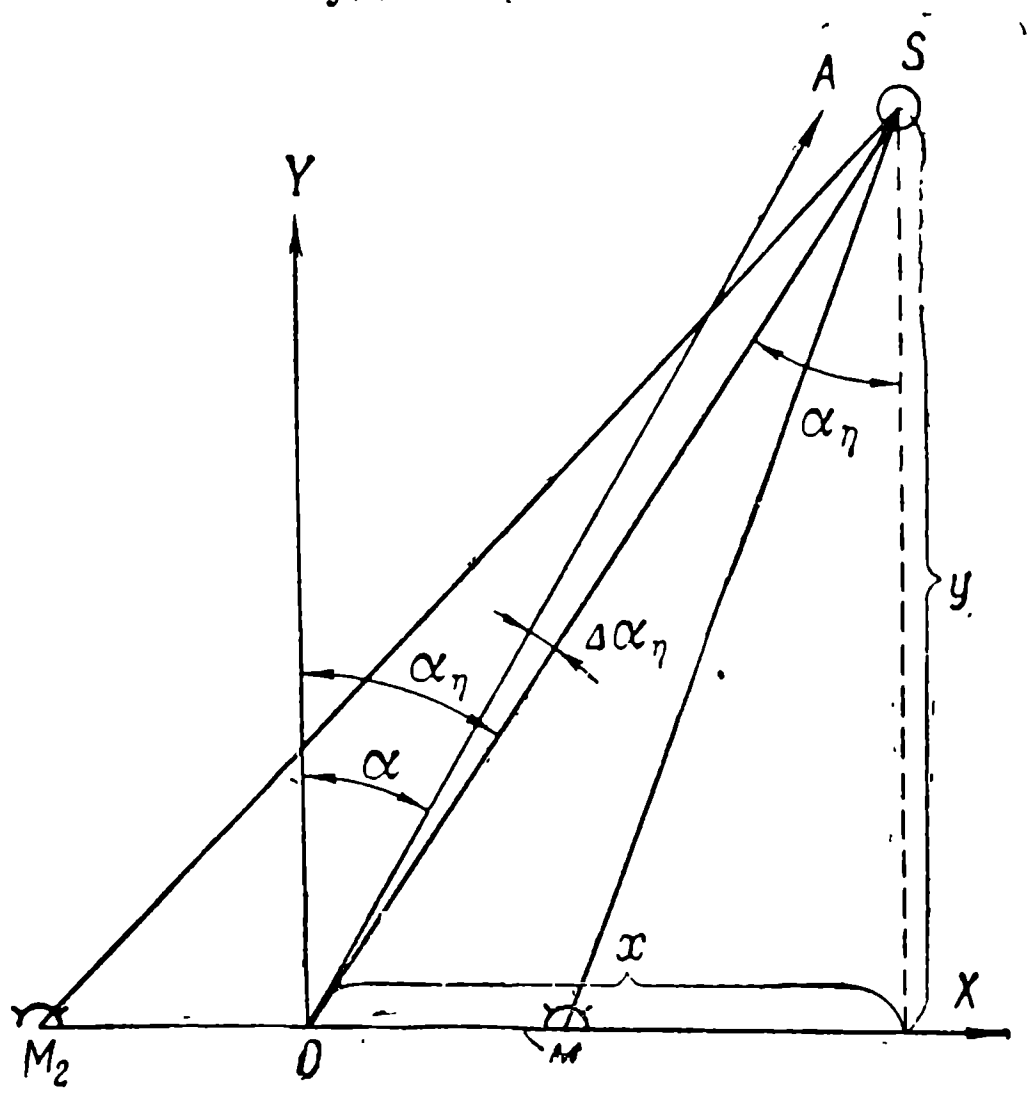


Рис. 50. Схема для вывода поправки на удаление

всегда увеличивать абсолютную величину угла α, т. е. **знак поправки должен быть такой же, как и знак угла** α.

Для вывода формулы поправки на удаление воспользуемся рис. 50. Пусть звукоприемники M_1 и M_2 лежат в фокусах какой-либо гиперболы. Ось X направим вдоль акустической базы M_2M_1, а ось Y вдоль директрисы. Будем считать, что начало координат находится в точке O.

Пусть источник звука находится в точке S, лежащей на правой ветви гиперболы. Соединив точку S с точкой O, получим направление на источник звука OS. Угол между направлением директрисы и направлением OS обозначим через α_η. Угол α_η будет равен углу при точке S, который также обозначим через α. Проведем теперь из точки O прямую OA под углом α к директрисе. И пусть эта прямая является асимптотой данной гиперболы.

Из рис. 50 видно, что

$$\alpha_\eta = \alpha + \Delta\alpha_\eta, \tag{6}$$

где угол $\Delta\alpha_\eta$ является поправкой в угол α на удаление.

Индекс η у α означает, что угол α взят с поправкой на удаление. Индекс η у $\Delta\alpha$ означает, что угол $\Delta\alpha$ является поправкой на удаление.

Таким образом, для определения направления на источник звука, когда последний находится на небольшом удалении от центра акустической базы (меньше $9l$), надо к углу α прибавить угол $\Delta\alpha_\eta$.

Дальнейшей нашей задачей и является определение этого угла $\Delta\alpha_\eta$.

Координатами точки S в принятой нами системе координат будут x и y.

Синус угла α_η равен $\frac{x}{OS}$; обозначив OS через R, будем иметь

$$\sin\alpha_\eta = \frac{x}{R}. \tag{7}$$

Из формулы (7) видно, что для определения $\sin\alpha_\eta$ надо знать x и R.

С достаточной для практики точностью величина R определяется приближенно по планшету, а именно, зная район особого внимания, берут величину R равной дальности от центра акустической базы до центра этого района.

В дальнейшем вместо величины R будем пользоваться отношением R (дальности) к l (длине акустической базы). Отношение это обозначим через η (греческая буква «эта») и будем иметь

$$\eta = \frac{R}{l}. \tag{8}$$

Для определения x воспользуемся уравнением

$$x^2 + y^2 = R^2 \tag{9}$$

и уравнением гиперболы

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1, \tag{10}$$

в которых координаты x и y являются координатами одной и той же точки S.

Решая совместно уравнения (9) и (10), определим x. Взяв y^2 из первого уравнения

$$y^2 = R^2 - x^2$$

и подставив его значение в уравнение гиперболы, получим

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{R^2 - x^2}{b^2} = 1. \tag{11}$$

Приводя члены уравнения (11) к общему знаменателю, будем иметь

$$x^2b^2 - R^2a^2 + x^2a^2 = a^2b^2,$$

откуда

$$x^2(b^2 + a^2) = a^2b^2 + R^2a^2$$

или

$$x^2 = \frac{a^2(R^2 + b^2)}{b^2 + a^2}. \tag{12}$$

Принимая во внимание, что $b^2 + a^2 = c^2$ и что $\frac{a}{c} = \sin\alpha$, выражение (12) перепишем так:

$$x = \sin\alpha \sqrt{R^2 + b^2}. \tag{12'}$$

Заменим теперь R через $l\eta$ и вынесем R из-под корня, тогда

$$x = R\sin\alpha \sqrt{1 + \frac{b^2}{l^2\eta^2}}. \tag{13}$$

Разделив обе части выражения (13) на R и имея в виду, что $\frac{x}{R} = \sin\alpha_\eta$ и $l = 2c$, будем иметь

$$\sin\alpha_\eta = \sin\alpha \sqrt{1 + \frac{b^2}{4c^2\eta^2}}. \tag{14}$$

Отрезок KN (см. рис. 49) является величиной b и угол β на этом рисунке равен углу α, следовательно,

$$\frac{b}{c} = \cos\alpha. \tag{15}$$

Отсюда

$$\sin\alpha_\eta = \sin\alpha \sqrt{1 + \frac{\cos^2\alpha}{4\eta^2}}. \tag{16}$$

По формуле (16) можно было бы определять величину $\sin\alpha_\eta$, а следовательно, и величину угла α_η.

Однако формула (16) сложна и в практической работе непригодна. Постараемся ее упростить. Произведем приближенное извлечение квадратного корня. Это можно сделать потому, что величина $\frac{\cos^2\alpha}{4\eta^2}$ мала по сравнению с единицей, так как η редко бывает меньше 2, а $\cos^2\alpha$ не может быть больше единицы. При приближенном извлечении квадратного корня получаем

$$\sin\alpha_\eta = \sin\alpha\left(1+\frac{\cos^2\alpha}{8\eta^2}\right)^1, \tag{17}$$

или, раскрывая скобки, получаем

$$\sin\alpha_\eta = \sin\alpha + \frac{\sin\alpha\cos^2\alpha}{8\eta^2}. \tag{18}$$

Заменяя $\sin\alpha\cos\alpha$ через $\frac{1}{2}\sin 2\alpha$, окончательно получаем

$$\sin\alpha_\eta = \sin\alpha + \frac{\sin 2\alpha}{16\eta^2}\cos\alpha. \tag{19}$$

Величина $\frac{\sin 2\alpha}{16\eta^2}\cos\alpha$ и является **поправкой к синусу угла** α на удаление.

Угловую поправку на удаление $\Delta\alpha_\eta$ получим следующим образом. Напишем, что

$$\sin\alpha_\eta = \sin(\alpha+\Delta\alpha_\eta) = \sin\alpha\cos\Delta\alpha_\eta + \cos\alpha\sin\Delta\alpha_\eta.$$

Принимая во внимание, что величина $\Delta\alpha_\eta$ мала, можно $\cos\Delta\alpha_\eta$ считать равным единице, и тогда согласно формуле (19)

$$\sin\Delta\alpha_\eta = \frac{\sin 2\alpha}{16\eta^2}. \tag{20}$$

Ввиду малости угла $\Delta\alpha_\eta$ можно величину $\sin\Delta\alpha_\eta$ заменить величиной угла $\Delta\alpha_\eta$, и тогда получим

$$\Delta\alpha_\eta = \frac{\sin 2\alpha}{16\eta^2}. \tag{21}$$

По формуле (21) и рассчитывается поправка в угол α на удаление.

---

[1] Приближенное извлечение корня производится по правилу разложения в ряд выражения $\sqrt{1+x}$. При разложении получаем $\sqrt{1+x} = 1+\frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2+\frac{1}{16}x^3-\ldots$

В формуле (17) в скобках откинуты члены $-\frac{1}{8}x^2+\frac{1}{16}x^3$ ввиду их малости. Действительно, при $\alpha=30°$ и $\eta=3$ члены $-\frac{1}{8}\left(\frac{\cos^2\alpha}{4\eta^2}\right)^2+\frac{1}{16}\left(\frac{\cos^2\alpha}{4\eta^2}\right)^3 \approx$ $\approx -0{,}00005$.

Так как в практической работе подразделений звуковой разведки построения направлений на цель производят непосредственно по синусам угла α, все поправки вводят в синус угла α.

Поправки в синус угла α принято обозначать через $\Delta\tau$ с соответствующим индексом. В данном случае поправка на удаление в синус угла α

$$\Delta\tau_{\eta} = \frac{\sin 2\alpha}{16\eta^2} \cdot \cos\alpha. \qquad (22)$$

Сопоставляя формулы (21) и (22), видим, что они различаются только величиной $\cos\alpha$[1].

Выше было указано, что ветви гиперболы лежат дальше от мнимой оси ее, чем асимптоты, и что знак поправки на удаление должен быть таким же, как и знак угла α. Это положение вполне согласуется с формулой (22). Из этой формулы и особенно из формулы (18) видно, что при принятых нами обозначениях знак поправки действительно зависит от знака угла $\alpha(\sin\alpha)$, т. е. при положительных значениях угла α, лежащих вправо от директрисы, знак поправки будет плюс, а при отрицательных значениях угла α, лежащих влево от директрисы, знак поправки будет минус.

Из формулы (22) видно, что величина поправки зависит от величины η, следовательно, при данной длине базы l — от удаления. При уменьшении величины η (при уменьшении удаления) поправка увеличивается, а при увеличении η (при увеличении удаления) уменьшается и при $\eta = \infty$ делается равной нулю. Это положение также согласуется с тем, что чем дальше лежит источник звука от середины вещественной оси, тем ближе подходит асимптота к ветви гиперболы и в бесконечности касается ее.

Расчеты показывают, что согласно формуле (22) поправка увеличивается при увеличении угла α до 30°. При $\eta > 9$ и $\alpha = 30°$ поправка $\Delta\tau_{\eta} < 0{,}0005$, поэтому при $\eta > 9$ поправка во внимание не принимается.

Пример. Дано $\eta = 10$ и $\alpha = 30°$. Определить $\Delta\tau_{\eta}$.

Решение.

$$\Delta\tau_{\eta} = \frac{\sin 2\alpha}{16\eta^2}\cos\alpha = \frac{0{,}866 \cdot 0{,}866}{16 \cdot 100} \approx 0{,}00047.$$

В практической работе звуковой разведки величину поправки на удаление определяют по таблице, рассчитанной по формуле (22). Таблица поправок на удаление дана в приложении 3.

Входными данными в таблице поправок на удаление являются величины $\sin\alpha$ и η. Величины $\sin\alpha$ даны в тысячных. Значения величины η даны от 1 до 9. Величины поправок даны в тысячных синуса. При пользовании таблицей находят в верхней строке величину

---

[1] Все поправки в угол α, как-то: поправка на ветер, поправка на параллакс перьев и т. д., будут отличаться от поправок в синус угла α только величиной $\cos\alpha$, поэтому в дальнейшем (при рассмотрении других поправок) формулы поправок в угол α выводить не будем.

$\sin\alpha$, а в левом столбце величину η или близкие к полученным и в соответствии с этим берут поправку $\Delta\tau_\eta$.

Пример. Пусть получили $\sin\alpha = +0{,}373$, а $\eta = 4{,}7$. Находим в верхней строке $\sin\alpha = 0{,}400$, а в левом столбце $\eta = 5$. Поправка будет $\Delta\tau_\eta = 0{,}002$ или $\Delta\tau_\eta = 2$ тысячным синуса.

В результате $\sin\alpha_\eta = \sin\alpha + \Delta\tau_\eta = 0{,}373 + 0{,}002 = +0{,}375$.

При $\sin\alpha = -0{,}373$ будем иметь. $\Delta\tau_\eta = -0{,}002$ или $\sin\alpha_\eta = -0{,}375$.

Задача 4. Определить $\Delta\tau_\eta$ при $\sin\alpha = 0{,}300$; $R = 5$ *км* и $l = 1\,250$ *м*.

Задача 5. Определить $\Delta\tau_\eta$ при $\sin\alpha = -0{,}350$; $R = 6$ *км* и $l = 1\,050$ *м*.

Задача 6. Определить $\Delta\tau_\eta$ при $\sin\alpha = 0{,}210$; $R = 7{,}7$ *км* и $l = 980$ *м*.

§ 4. ПОПРАВКА НА ВЕТЕР

В § 1 был рассмотрен вопрос определения направления на источник звука при отсутствии ветра. Но из главы II нам известно, что ветер, с одной стороны, изменяет скорость звука и, с другой стороны, сносит центр звуковой волны в сторону.

Вследствие этих явлений возникают ошибки при определении направления на источник звука. Действительно пусть источник звука находится в точке S (рис. 51), а звукоприемники в точках M_1 и M_2 и пусть направление ветра совпадает с направлением SO. В этом случае скорость звука $C + W$ будет больше скорости звука C, т. е. $C + W > C$. Поэтому разность времени τ будет меньше той разности, которая получилась бы при отсутствии ветра. Например, пусть от источника звука до первого звукоприемника дальность равна 5 000 *м*, а до второго 5 500 *м*, разность расстояний будет 500 *м*. При скорости звука, например, $C = 333{,}3$ *м/сек* разность времени будет

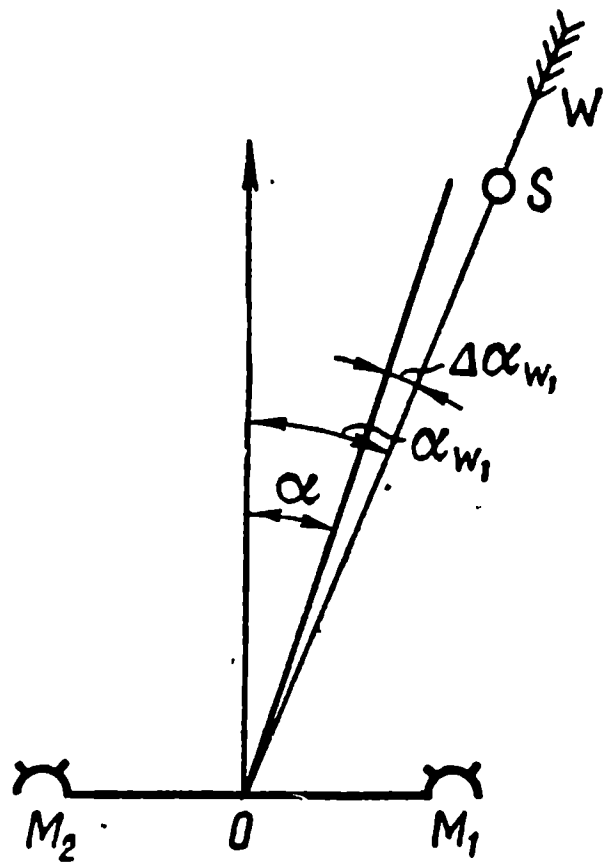


Рис. 51. Ошибка в определении угла α, получаемая вследствие изменения скорости звука под влиянием ветра

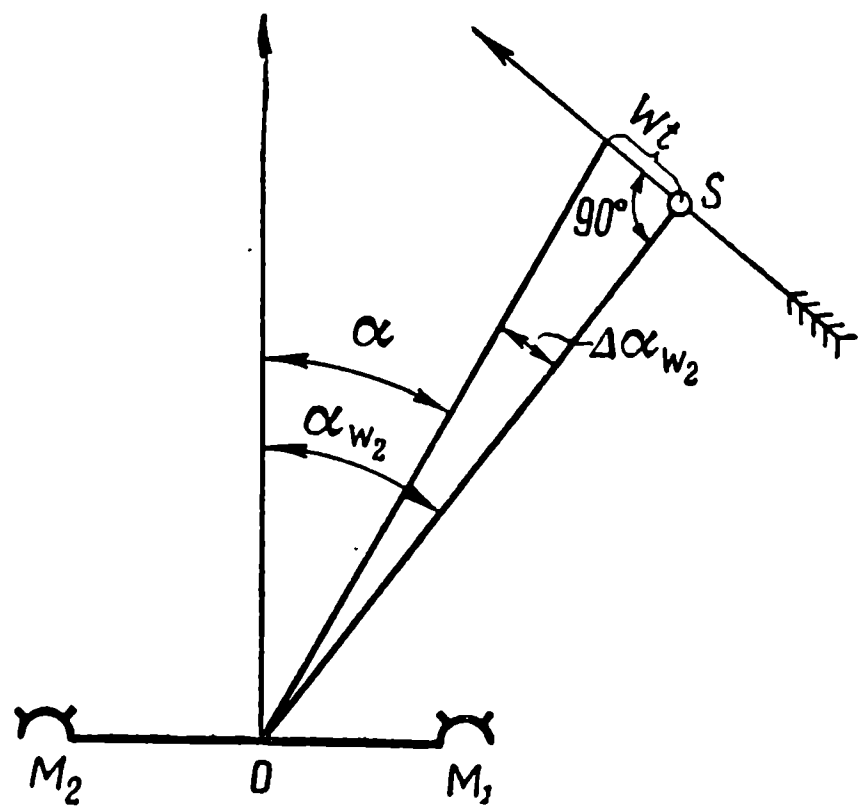


Рис. 52. Ошибка в определении угла α, получаемая вследствие смещения центра звуковой волны под влиянием ветра

$\tau_1 = \frac{500}{333{,}3} \approx 1{,}5$ секунды, а при скорости звука $C + W = 340$ *м/сек* разность времени $\tau_2 = \frac{500}{340} \approx 1{,}47$ секунды, т. е. получаем, что τ_2 меньше τ_1 на 0,03 секунды, поэтому при $T = 3$ секундам будем иметь ошибку в синусе угла α, равную 0,01. Следовательно, для учета влияния скорости звука надо к углу α, определяемому по формуле $\sin\alpha = \frac{C\tau}{l}$, прибавлять поправку, которую обозначим через $\Delta\alpha_{W_1}$.

В дальнейшем поправку $\Delta\alpha_{W_1}$ будем называть **поправкой на скорость ветра.** Угол α с поправкой на скорость ветра будем обозначать через α_{W_1}, тогда

$$\alpha_{W_1} = \alpha + \Delta\alpha_{W_1}. \tag{23}$$

Представим теперь, что направление ветра перпендикулярно к направлению линии SO (рис. 52). В этом случае центр звуковой волны будет смещен по направлению ветра на величину Wt или на угол $\Delta\alpha_{W_2}$ и направление на источник звука будет определяться углом

$$\alpha_{W_2} = \alpha + \Delta\alpha_{W_2}. \tag{24}$$

Здесь $\Delta\alpha_{W_2}$ — **поправка на смещение центра звуковой волны.**

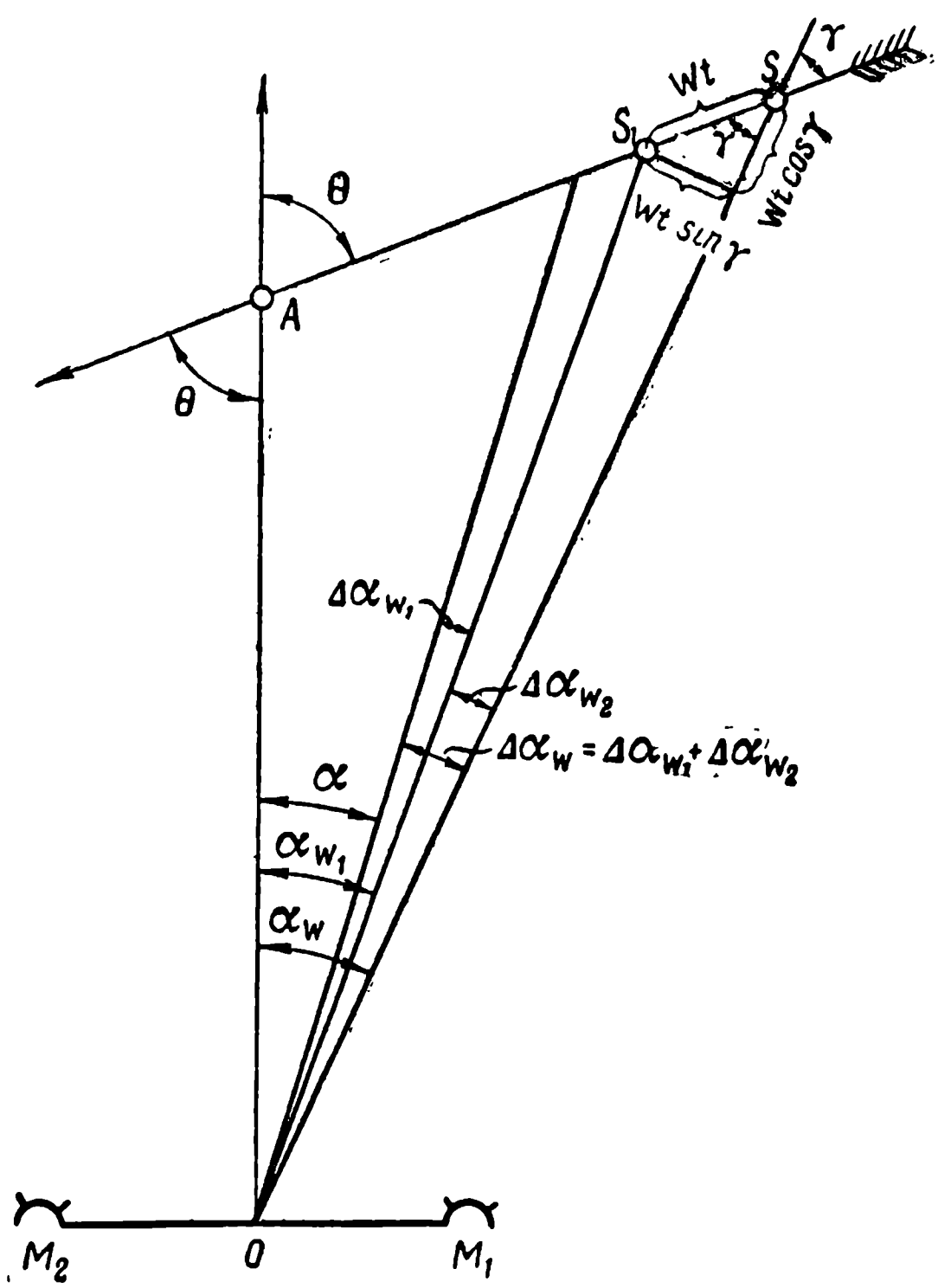


Рис. 53. Схема для вывода общей формулы поправки на ветер

В действительности направление ветра обычно не совпадает с направлением SO и не совпадает с направлением, перпендикулярным к SO, а идет под каким-то углом γ к этому направлению, поэтому приходится рассматривать продольную слагающую ветра, идущую по направлению SO, и боковую слагающую, идущую перпендикулярно к этому направлению (рис. 53). Вследствие этого для определения действительного направления на источник звука надо вводить поправки на скорость ветра и на смещение центра звуковой волны, т. е. в этом случае

$$\alpha_W = \alpha + \Delta\alpha_{W_1} + \Delta\alpha_{W_2}, \tag{25}$$

или, обозначая сумму поправок $\Delta\alpha_{W_1} + \Delta\alpha_{W_2}$ через $\Delta\alpha_W$, будем иметь

$$\alpha_W = \alpha + \Delta\alpha_W. \tag{26}$$

Обозначим теперь поправку на скорость звука в синус угла α через $\Delta\tau_{W_1}$, а поправку на смещение центра звуковой волны через $\Delta\tau_{W_2}$, и тогда

$$\sin\alpha_W = \sin\alpha + \Delta\tau_{W_1} + \Delta\tau_{W_2}. \tag{27}$$

Наконец, обозначая сумму поправок $\Delta\tau_{W_1} + \Delta\tau_{W_2}$ через $\Delta\tau_W$, получаем

$$\sin\alpha_W = \sin\alpha + \Delta\tau_W, \tag{28}$$

где $\Delta\tau_W$ — суммарная поправка в синус угла α, учитывающая влияние ветра на скорость звука и смещение центра звуковой волны.

Выведем в отдельности формулы для $\Delta\tau_{W_1}$ и $\Delta\tau_{W_2}$, а затем и формулу для суммарной поправки $\Delta\tau_W = \Delta\tau_{W_1} + \Delta\tau_{W_2}$.

Вывод формулы поправки на скорость ветра

Из главы II нам известно [см. формулу (14)], что скорость звука при наличии ветра определяется по формуле

$$C_W = C + W\cos\gamma.$$

Синус угла α с учетом изменения скорости звука будет определяться по формуле

$$\sin\alpha_{W_1} = \frac{(C + W\cos\gamma)\,\tau}{l}, \tag{29}$$

где τ — разность времени, получаемая с ленты регистрирующего прибора.

Представим уравнение (29) в таком виде:

$$\sin\alpha_{W_1} = \frac{C\tau}{l} + \frac{W\tau}{l}\cos\gamma,$$

или, умножив числитель и знаменатель второго слагаемого правой части уравнения на C и заменяя $\frac{C\tau}{l}$ через $\sin\alpha$, будем иметь

$$\sin\alpha_{W_1} = \sin\alpha + \frac{W}{C}\sin\alpha\cos\gamma, \tag{30}$$

где $\frac{W}{C}\sin\alpha\cos\gamma$ и будет являться поправкой в синус угла α на скорость ветра, т. е.

$$\Delta\tau_{W_1} = \frac{W}{C}\sin\alpha\cos\gamma. \qquad (31)$$

Ввиду большой ошибки в определении направления ветра при выводе формулы (31) угол γ берут между направлением ветра и направлением на цель (на середину района особого внимания) от центра акустической базы (см. рис. 55).

Вывод формулы поправки на смещение центра звуковой волны

Под влиянием боковой слагающей ветра $Wt\sin\gamma$ (рис. 53) центр звуковой волны будет смещен на угол $\Delta\alpha_{W_2}$. Согласно формуле (15) (глава II)

$$\sin\Delta\alpha_{W_2} = \frac{W}{C}\sin\gamma.$$

Угол α с поправкой на скорость ветра и на смещение центра волны, т. е.

$$\alpha_W = \alpha_{W_1} + \Delta\alpha_{W_2}, \qquad (32)$$

где α_{W_1} — угол α с поправкой на скорость ветра.

В обеих частях равенства (32) заменим значения углов значениями синусов этих углов, тогда

$$\sin\alpha_W = \sin(\alpha_{W_1} + \Delta\alpha_{W_2}) = \sin\alpha_{W_1}\cos\Delta\alpha_{W_2} + \\ + \cos\alpha_{W_1}\sin\Delta\alpha_{W_2}.$$

Ввиду малости угла $\Delta\alpha_{W_2}$ можно считать, что $\cos\Delta\alpha_{W_2}$ равен единице, и тогда

$$\sin\alpha_W = \sin\alpha_{W_1} + \cos\alpha_{W_1}\sin\Delta\alpha_{W_2}. \qquad (33)$$

Второй член правой части равенства (33) и будет являться поправкой на смещение центра звуковой волны в синус угла α_{W_1}, поэтому

$$\Delta\tau_{W_2} = \cos\alpha_{W_1}\sin\Delta\alpha_{W_2}. \qquad (34)$$

Заменяя теперь $\sin\Delta\alpha_{W_2}$ его значением из формулы (15) главы II, окончательно будем иметь

$$\Delta\tau_{W_2} = \frac{W}{C}\sin\gamma\cos\alpha_{W_1}. \qquad (35)$$

Общая поправка на ветер

Складывая поправки на скорость ветра и на смещение центра звуковой волны, получим общую поправку на ветер

$$\Delta\tau_W = \Delta\tau_{W_1} + \Delta\tau_{W_2} = \frac{W}{C}\sin\alpha\cos\gamma + \frac{W}{C}\sin\gamma\cos\alpha_{W_1}.$$

Вынося $\frac{W}{C}$ за скобку, будем иметь

$$\Delta\tau_W = \frac{W}{C}(\sin\alpha\cos\gamma + \cos\alpha_{W_1}\sin\gamma). \qquad (36)$$

Принимая во внимание, что угол α_{W_1} мало отличается от угла α, полученное выражение можно переписать в таком виде:

$$\Delta\tau_W = \frac{W}{C}\sin(\alpha+\gamma). \qquad (37)$$

Из рис. 53 видно, что угол θ как внешний угол треугольника OAS равен сумме двух углов $\alpha_W + \gamma$, с ним несмежных. Но угол α_W также мало отличается от угла α (на величину $\Delta\alpha_{W_1} + \Delta\alpha_{W_2}$). Кроме того, следует учитывать, что угол γ определяется с ошибкой, равной 1-00—1-50. Поэтому с небольшой погрешностью можем считать, что угол θ будет равен сумме углов $\alpha + \gamma$. Заменяя в формуле (37) сумму $\alpha + \gamma$ через θ, получим

$$\Delta\tau_W = \frac{W}{C}\sin\theta, \qquad (38)$$

где θ — угол между направлением ветра и направлением директрисы [1]. Угол θ определяется по формуле

$$\theta = (W) - (ОД), \qquad (39)$$

где (W) — дирекционный угол ветра, $(ОД)$ — дирекционный угол директрисы (рис. 54). Ввиду большой ошибки в определении направления ветра, угол θ определяется с точностью до 1-00.

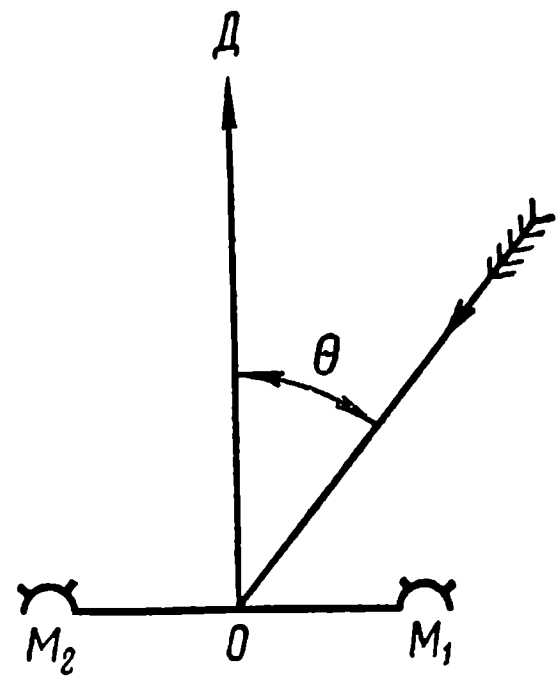


Рис. 54. Схема определения угла θ

Из формулы (38) видно, что величина поправки не зависит от угла α, а зависит только от скорости ветра, скорости звука и угла θ. В соответствии с этим поправку на ветер можно определять заранее до получения величин τ по данной цели. Из формулы (38) также видно, что знак поправки на ветер зависит от знака синуса угла θ, т. е. от величины угла θ.

Если угол θ меньше 30-00 (180°), то знак поправки будет плюс, а если угол θ будет больше 30-00 (180°), то знак поправки будет минус.

Пример. Пользуясь формулой (38), найдем, чему будет равна поправка на ветер при $W = 5$ *м/сек*, $(W) = 6\text{-}00$ и $(ОД) = 1\text{-}00$ при $C = 333{,}3$ *м/сек*.

Решение. Находим сначала угол θ; он будет равен 5-00, $\sin(5\text{-}00) = 0{,}5$;

$$\Delta\tau_W = \frac{5}{333{,}3}\cdot 0{,}5 \approx 0{,}008.$$

---

[1] Формула угловой поправки на ветер, согласно сноске на стр. 66 будет иметь такой вид:

$$\Delta\alpha_W = \frac{W}{C}\frac{\sin\theta}{\cos\alpha}. \qquad (40)$$

Поправку надо брать со знаком плюс, так как угол $\theta < 30\text{-}00$. При $\sin\alpha = +0{,}300$ $\sin\alpha_W = +0{,}300 + 0{,}008 = 0{,}308$.

Поправка на ветер может достигать больших значений, например, при $\theta = 15\text{-}00$ и при $W = 10$ *м/сек* поправка будет порядка 30 тысячных синуса или порядка 30 делений угломера.

При больших значениях углов θ ошибка в скорости ветра, равная 1 *м/сек*, вызывает ошибку в определении поправки, равную 0,003. Ошибка в направлении ветра, равная 2-00, также может вызвать ошибку в определении поправки до 2—3 делений угломера, в особенности при малых углах θ.

Пример 1. Пусть вместо скорости ветра, равной 5 *м/сек*, взяли скорость 6 *м/сек*. Тогда, если $C = 333{,}3$ *м/сек* и $\theta = 15\text{-}00$, будем иметь при $W = 5$ *м/сек* $\Delta\tau_W = 0{,}015$, а при $W = 6$ *м/сек* $\Delta\tau_W = 0{,}018$, т. е. разница будет равна 0,003.

Пример 2. Пусть вместо угла $\theta = 4\text{-}00$ взяли угол $\theta = 6\text{-}00$. Тогда, считая $C = 333{,}3$ *м/сек* и $W = 5$ *м/сек*, будем иметь при $\theta = 4\text{-}00$ $\Delta\tau_W = 0{,}006$, а при $\theta = 6\text{-}00$ $\Delta\tau_W = 0{,}009$, т. е. разница будет равна 0,003.

Суммарная ошибка вследствие неточного определения скорости и направления ветра может достигать 4 и более делений угломера.

В практической работе звуковой разведки поправку на ветер берут по заранее рассчитанным таблицам, составленным по формуле (38):

$$\Delta\tau_W = \frac{W}{C}\sin\theta.$$

Из формулы (38) видно, что поправка зависит от трех величин: скорости ветра, скорости звука и синуса угла θ, причем скорость звука C в свою очередь зависит от температуры.

С изменением величины скорости звука C вследствие изменения температуры поправка $\Delta\tau_W$ изменяется сравнительно мало, например, при изменении t на 10° скорость звука изменяется на 6 *м/сек*. В зависимости от этого $\Delta\tau_W$ изменится только на 2%.

Если взять величину $\Delta\tau_W$ при $W = 15$ *м/сек* и $\theta = 15\text{-}00$, равную 45 тысячным, то и при этих значениях W и θ поправка на ветер при изменении скорости звука на 6 *м/сек* изменится менее чем на 0,001.

Однако при изменении температуры от —40° до +40°, т. е. на 80°, скорость звука изменяется примерно на 50 *м/сек*. В зависимости от этого поправки на ветер при $t = -40°$ и $t = +40°$ будут значительно отличаться между собой. При $t = -40°$ $C = 306$ *м/сек*, а при $t = +40°$ $C = 354$ *м/сек*, поэтому в первом случае при $W = 15$ *м/сек* и $\theta = 15\text{-}00$ $\Delta\tau_W = 0{,}049$ и во втором случае $\Delta\tau_W = 0{,}042$, т. е. получается расхождение на 0,007.

Если таблицу поправок рассчитать для среднего значения температуры, т. е. для $t = 0°$, то получим при $W = 15$ *м/сек* и $\theta = 15\text{-}00$ $\Delta\tau_W = 0{,}045$. В этом случае при $W = 15$ *м/сек* и $\theta = 15\text{-}00$, пользуясь таблицей, будем делать ошибку при $t = -40°$, равную 4 тысячным, и при $t = +40°$ — 3 тысячным.

Поэтому для большей точности рассчитаны две таблицы: одна для положительных значений температур (при $t = +20°$) и другая для отрицательных (при $t = -20°$). Если скорость ветра меньше 10 *м/сек*, то при пользовании этими таблицами при t от —40° до +40° ошибка не превзойдет 0,001.

Такие две таблицы сведены в одну и даны в приложении 4. Правая часть таблицы составлена для положительных значений температуры, а левая для отрицательных. В средней части, состоящей из четырех столбцов, даны значения углов θ. В верхней части этих столбцов указаны знаки поправок. Значения поправок даны в тысячных синуса.

При пользовании таблицами находят в одном из средних четырех столбцов величину θ и в верхней строке — величину W и согласно им берут поправку $\Delta\tau_W$.

Пример. Дано $\theta = 23\text{-}00$, $W = 5$ *м/сек* и $t_v = +15°$. Требуется определить поправку на ветер.

Решение. Во втором столбце углов θ находим угол $\theta = 23\text{-}00$ и в правой части таблицы в столбце $W = 5$ против угла $\theta = 23\text{-}00$ находим величину поправки, равную 10 тысячным. Сверху столбца, в котором дана величина угла $\theta = 23\text{-}00$, стоит знак плюс, значит поправку надо брать со знаком плюс, т. е. $\Delta\tau_W = +10$ тысячным. Если бы угол θ был равен 37-00, то поправка имела бы знак минус и т. д.

Задача 7. Определить $\Delta\tau_W$ при $(W) = 5\text{-}00$, $(ОД) = 1\text{-}00$, $W = 5$ *м/сек* и $t = +10°$.

Задача 8. Определить $\Delta\tau_W$ при $(W) = 7\text{-}00$, $(ОД) = 18\text{-}00$, $W = 6$ *м/сек* и $t = -10°$.

Задача 9. Определить $\Delta\tau_W$ при $(W) = 19\text{-}00$, $(ОД) = 36\text{-}00$, $W = 10$ *м/сек* и $t = +15°$.

§ 5. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ИХ ПО ВЫСОТЕ

Из главы II нам известно, что при благоприятных условиях слышимости звуковые лучи обращены выпуклостью кверху и бóльшая часть их проходит в верхних слоях атмосферы. Там же было указано, что при дальностях засечки порядка 15—20 *км* вершина звуковых лучей может достигать 1 *км* и больше. В этих случаях использование наземных метеорологических данных, измеряемых на высоте 2 *м* над землей, может привести к большим ошибкам.

Действительно, если бóльшая часть звукового луча находится в верхних слоях атмосферы, то на распространение звуковой волны будут оказывать влияние ветер и температура [1] верхних слоев атмосферы.

Значения же ветра и температуры в верхних слоях атмосферы могут сильно отличаться от наземных значений. Так, например, очень часто при скорости наземного ветра порядка 3—4 *м/сек* на высоте 200—300 *м* наблюдается ветер со скоростью 8—10 *м/сек*. Следовательно, если по всем данным надо будет принимать во внимание ветер на высоте 300 *м*, равный 8 *м/сек*, то при $\theta = 15\text{-}00$ по-

[1] Для сокращения слово „виртуальная“ опускаем.

правка $\Delta\tau_W = 0{,}023$. Если же при этих условиях будем брать наземный ветер, равный 3 *м/сек*, то получим поправку $\Delta\tau_W = 0{,}009$, т. е. сделаем ошибку в 0,014.

Ошибка в определении направления на источник звука при разнице в температуре на 1° при угле α порядка 30° достигает 0,001.

Пример. Если вместо $t = 0°$ мы возьмем $t = +1°$, то при $\tau = 1{,}5$ секунды и $l = 1$ *км* в первом случае будем иметь

$$\sin\alpha = \frac{331 \cdot 1{,}5}{1000} = 0{,}496$$

и во втором случае

$$\sin\alpha = \frac{331{,}6 \cdot 1{,}5}{1000} = 0{,}497,$$

т. е. разница равна 0,001.

Таким образом при благоприятных условиях слышимости необходимо **принимать во внимание распределение метеорологических данных по высоте.**

При неблагоприятных условиях слышимости звуковые лучи искривляются кверху, и если звуковые волны и подходят к звукоприемникам, то главным образом по нижним слоям атмосферы вследствие явления диффузии и дифракции. В этих случаях **надо пользоваться наземными метеорологическими данными.**

Для учета распределения метеорологических данных по высоте берут метеорологические данные на какой-либо определенной высоте, которую называют **акустической высотой,** и согласно этим метеорологическим данным определяют поправку на ветер $\Delta\tau_W$, пользуясь для этого формулой (38).

Акустической высотой называется такая высота, на которой взятые для учета значения температуры и ветра влияют на распространение звука так же, как и действительные значения температуры и ветра, взятые на всем пути звука от цели до звукоприемников.

До настоящего времени было принято акустическую высоту определять расчетным способом или при помощи шаблона. Для определения акустической высоты строят кривую (график) изменения скорости звука по данному направлению в зависимости от распределения температуры и ветра по высоте.

Для построения кривой значения температуры и ветра берут из метеорологического бюллетеня «Метеозвук» на высотах 0, 50, 150, 300, 500, 700 и 900 *м*. В бюллетене даются значения виртуальной температуры.

Расчет значений скорости звука производится по формуле (14) (глава II)

$$C_W = C + W\cos\gamma.$$

Так как направление ветра определяется с большими ошибками, то угол γ определяют практически между направлением ветра и направлением на источник звука от центров акустических баз, а не от каждого звукоприемника в отдельности. Благодаря этому вычисления кривых скорости звука сокращаются вдвое, точность же работы уменьшается незначительно.

Для определения углов γ (рис. 55) строят на планшете положение цели по синусам угла α с крайних баз без поправок на ветер или же берут какую-либо точку в районе целей (в районе особого внимания) и при помощи целлулоидного круга определяют дирекционные углы ($ОЦ$) с центров акустических баз на цель или на построенную точку. Далее угол γ определяют по формуле (16) (глава II)

$$\gamma = (W) - (ОЦ)$$

или же непосредственным измерением при помощи целлулоидного круга по планшету.

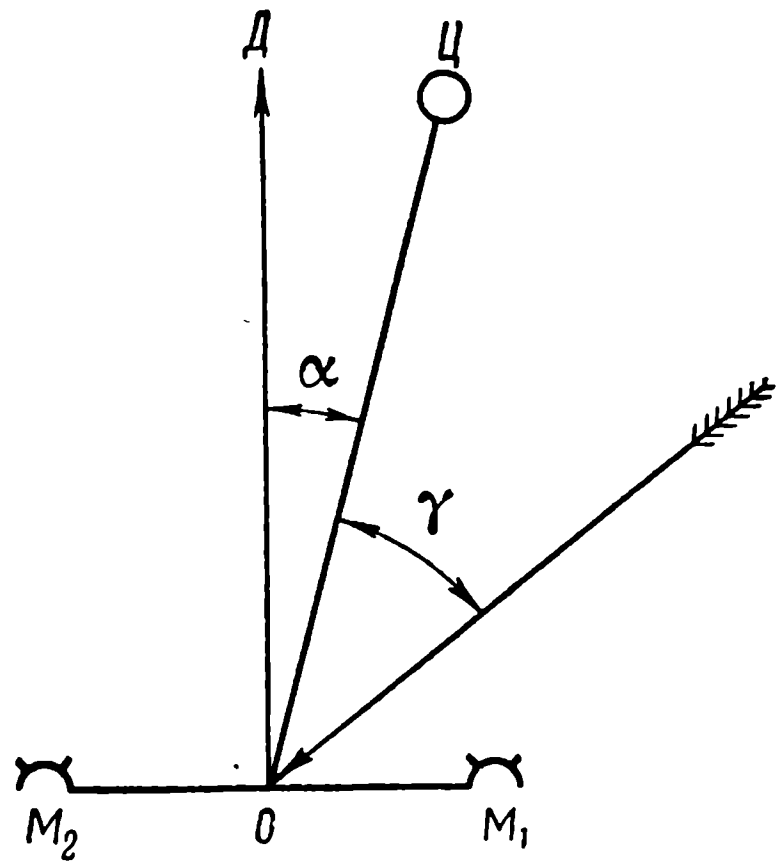


Рис. 55. Схема определения угла γ по планшету

Определение величин продольных слагающих ветра производят по таблице, данной в приложении 6, или же по кругу ветров, описание которого дано несколько ниже.

В дальнейшем продольную слагающую ветра будем обозначать через W_x:

$$W_x = W \cos \gamma. \qquad (41)$$

Приведем пример на построение графика изменения скорости звука для одной базы. Предположим, что от артиллерийского метеорологического взвода получили такие данные (до высоты 700 *м*).

15.8.56. 9 час. 15 мин.

Высота, *м*	Температура виртуальная, град.	Направление ветра	Скорость ветра, *м/сек*
0	—11	32-00	5
50	—11	34-00	6
150	—10	36-00	7
300	—6	38-00	8
500	—8	38-00	10
700	—8	38-00	10

Расчет скорости звука и углов θ

Высота, *м*	2	50	150	300	500	700
(W)	32	34	36	38	38	38
$(ОД)$	50	50	50	50	50	50
θ	42	44	46	48	48	48
(ОЦ)	51	51	51	51	51	51
γ	41	43	45	47	47	47
W	5	6	7	8	10	10
W_x	—2	—1	0	+2	+2	+2
t_v	—11	—11	—10	—6	—8	—8
C	324	324	325	327	326	326
C_W	322	323	325	329	328	328

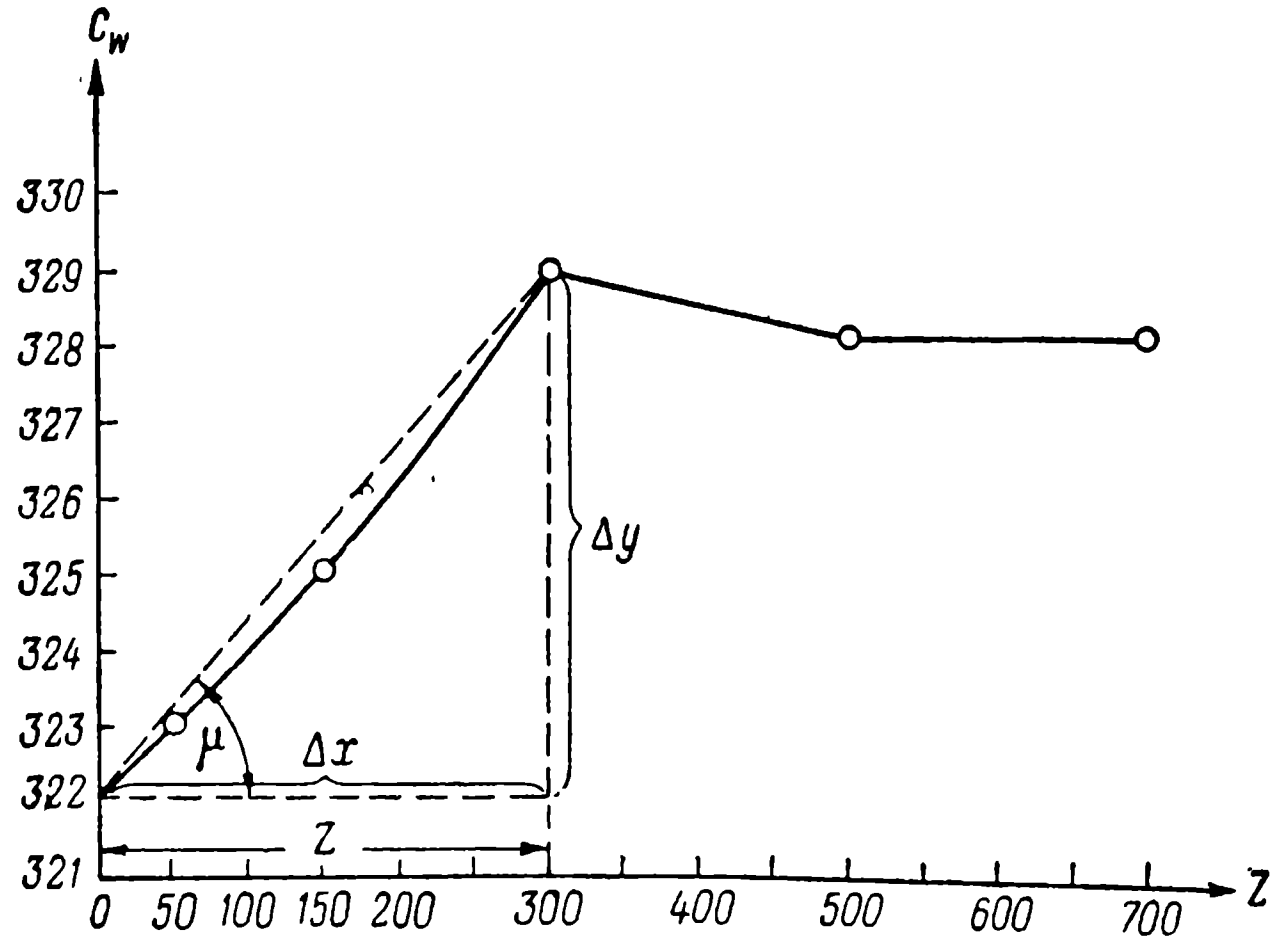


Рис. 56. График изменения скорости звука с высотой

Значения всех углов в бланке округлены до 1-00, а скорости звука до 1 *м/сек*.

Согласно полученным значениям C_w строят кривую в масштабе: по оси абсцисс откладывают значения высот 50 *м* в 1 *см* и по оси ординат значения скорости звука (вернее разности в скорости звука) 1 *м* в 1 *см*. Построенная таким образом кривая показана на рис. 56; называется она **основной кривой.** Основную кривую строят для каждой акустической базы в отдельности.

Определение акустической высоты расчетным способом

Определение акустической высоты расчетным способом производят по формуле

$$Z = 5Д^2 \operatorname{tg} \mu, \tag{42}$$

где Z — искомая акустическая высота в метрах, равная $\frac{2}{3}$ $Z_{макс}$ ($Z_{макс}$ — высота звукового луча, на которой скорость звука является максимальной) [1];

$Д$ — расстояние от центра акустической базы до цели в километрах с точностью до 1 *км*;

$\operatorname{tg}\mu$ — тангенс угла подъема основной кривой (см. рис. 56).

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \tag{43}$$

где Δy — ордината и Δx — абсцисса, измеряемые в миллиметрах (см. рис. 56). Величину $\operatorname{tg} \mu$ определяют с точностью до 0,1.

---

[1] $Z_{макс} = 7{,}5\ Д^2 \operatorname{tg} \mu.$ (44)

Если величина $\operatorname{tg}\mu$ окажется меньше 0,1, полагают $\operatorname{tg}\mu = 0$, т. е. считают, что кривая идет горизонтально, и тогда пользуются наземными метеорологическими данными. Если на высоте Z, вычисленной по формуле (42), кривая понижается или проходит горизонтально, то учитывают метеорологические данные на высоте, отвечающей максимальному значению подъема кривой, или в точке, где начинается горизонтальный участок кривой. Например, если согласно рис. 56 получили $Z = 350$, надо брать $Z = 300$.

Согласно графику на рис. 56 определим значения акустической высоты Z при $Д = 7$ *км*. В данном случае будем иметь: $\Delta y = 70$ *мм*; $\Delta x = 60$ *мм*. При этих значениях $\operatorname{tg}\mu = 1{,}2$, откуда $Z = 5 \cdot 49 \cdot 1{,}2 = 294$ *м*.

Определение поправок на ветер производится, как и при учете наземных метеорологических данных. Но только в этом случае скорость и направление ветра берут на полученной акустической высоте Z согласно бюллетеню «Метеозвук» и по таблице (см. приложение 4) находят поправку.

Если определяемая акустическая высота Z будет отличаться от имеющихся в метеобюллетене, то метеорологические данные берут на высоте, наиболее близкой к той, которая имеется в нем. Например, если $Z = 180$ *м*, берут данные на высоте 150 *м*.

В нашем случае согласно высоте $Z = 294$ *м* берем метеорологические данные на высоте 300 *м*, т. е. берем $W = 8$ *м/сек*, $(W) = 38\text{-}00$ и $t_v = -6°$. При $(ОД) = 50\text{-}00$ получаем $\theta = 48\text{-}00$. Согласно этим данным по таблице поправок находим $\Delta\tau_W = -24$ тысячным.

При работе по наземным метеорологическим данным получили бы $\Delta\tau_W = -15$ тысячным, т. е. ошиблись бы на 0,009.

Основная кривая каждой базы пригодна для всех целей, расположенных вправо и влево на 2-50 от направления, для которой она построена, и для любой дальности засечки. Высота Z, а следовательно, и поправки на ветер, вычисленные для какой-либо цели, могут быть взяты для всех целей, находящихся на расстоянии 2,5 *км* от цели, для которой они вычислены.

Таким образом, в полосе разведки батареи шириной 5—6 *км* основные кривые достаточно построить только для нескольких точек, выбираемых подобно тому, как это делается при создании звуковых реперов для исключения систематической ошибки.

При расчете значения $\sin\alpha$ берут величину базы во времени T соответственно скорости звука, рассчитанной с учетом виртуальной температуры на высоте Z, т. е. в нашем случае при $t_v = -6°$.

Но так как звуковая волна проходит горизонтальные участки луча (на рис. 57 участок Δx) со скоростью $C_{макс}$, т. е. со скоростью, равной скорости в вершине луча $(C_в)$, то скорость звука надо брать не на высоте Z, а на высоте $Z_{макс}$, т. е. в вершине звукового луча.

Пусть на рис. 57 горизонтальная проекция луча Δx соответствует разности $C\tau$. Проведем через точку N_1 след плоской волны,

т. е. линию N_1N_2, перпендикулярную к лучу. Принимая луч на небольшом участке N_2K за прямую линию, получим

$$\Delta x = C\tau = \frac{N_2K}{\sin\beta}.$$

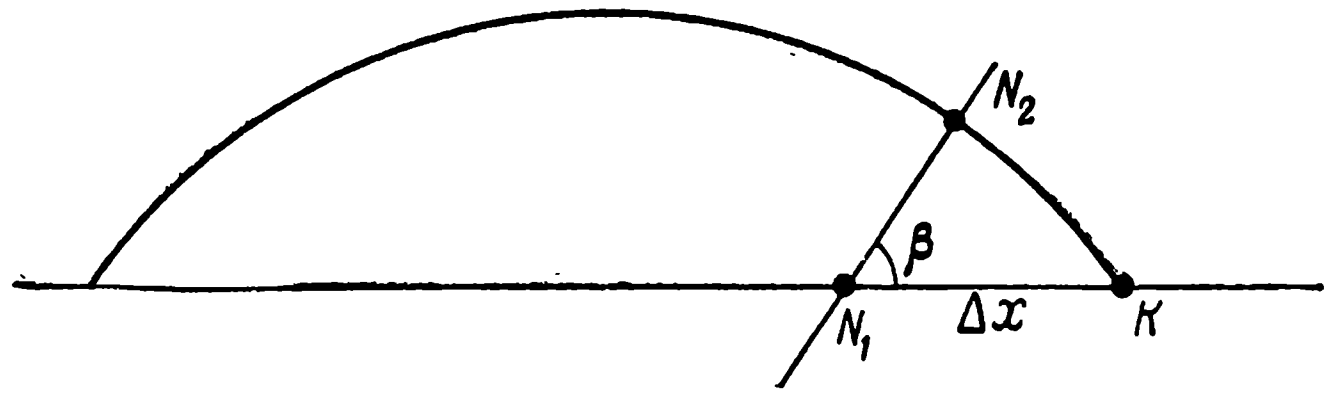


Рис. 57. Звуковая волна N_1N_2 проходит отрезок N_1K со скоростью $C_{макс}$

Согласно закону преломления лучей [см. формулу (20) гл. II][1], нетрудно убедиться, что синус угла преломления

$$\sin\beta = \frac{C_л}{C_{макс}},$$

где $C_л$ — скорость звука по лучу на участке N_2K;
$C_{макс}$ — максимальная скорость (скорость в вершине луча).

В результате

$$C\tau = \frac{C_л\tau}{C_л}C_{макс},$$

откуда $C = C_{макс}$.

При $Z = 0$, т. е. при пользовании наземными метеорологическими данными, для определения $\sin\alpha$ надо брать наземное значение скорости звука.

---

[1] Из формулы (20) главы II следует, что

$$\sin\beta_3 = \sin\beta_2\frac{C_3}{C_2} = \sin\beta_1\frac{C_2}{C_1}\cdot\frac{C_3}{C_2}$$

или

$$\sin\beta_3 = \sin\beta_1\frac{C_3}{C_1}.$$

Подобно этому в последнем слое

$$\sin\beta_n = \sin\beta_1\frac{C_n}{C_1}.$$

В последнем слое при полном внутреннем отражении угол $\beta = 90°$, а $\sin\beta_n = 1$; тогда

$$\sin\beta_1 = \frac{C_1}{C_n}.$$

Но $C_n = C_{макс}$, следовательно, для любого слоя

$$\sin\beta_l = \frac{C_l}{C_{макс}}.$$

Здесь скорость звука в реальной атмосфере рассматривается по направлению луча, т. е.

$$C_l = C_{l_л}.$$

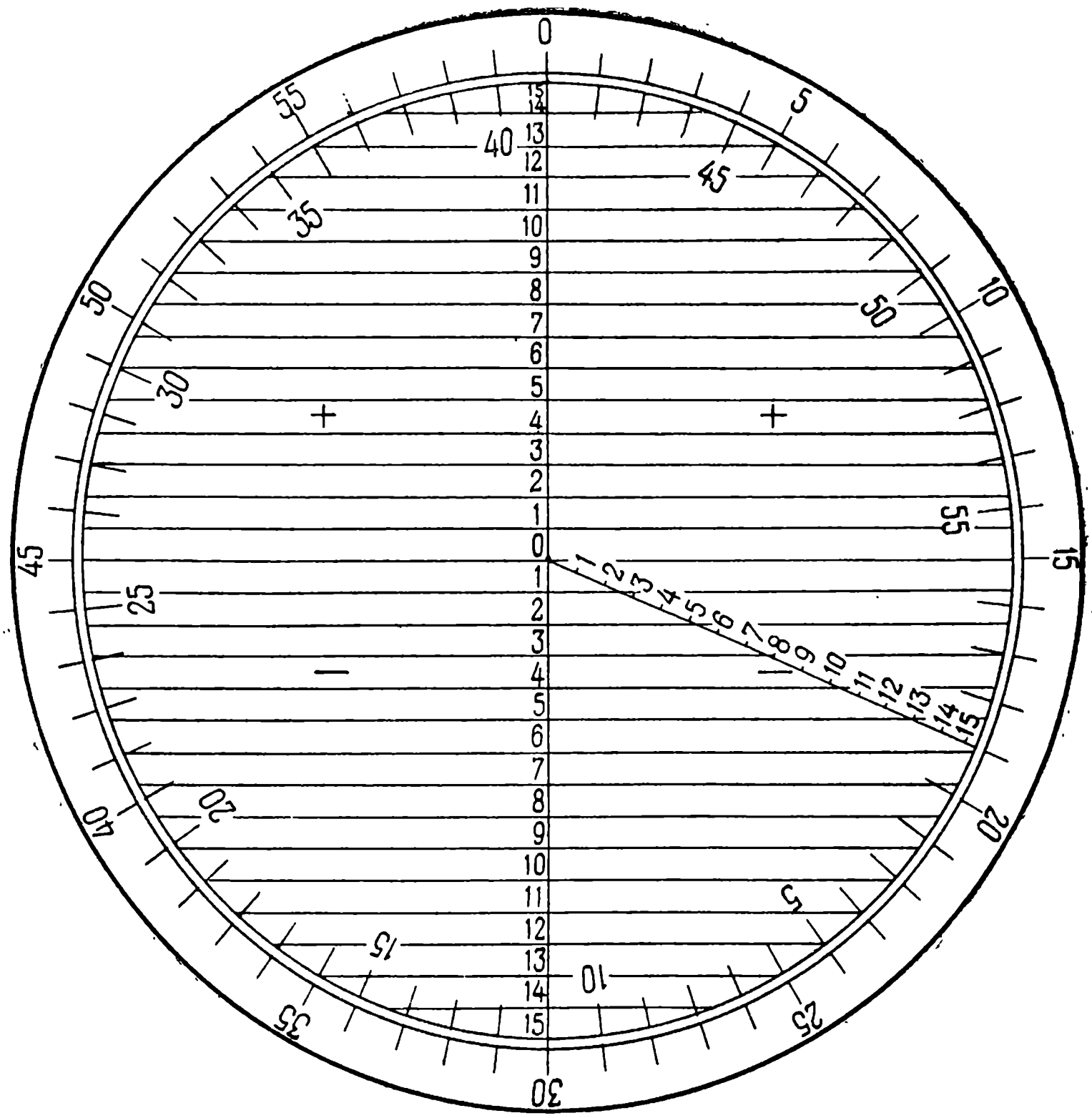


Рис. 58. Круг ветров

Круг ветров (рис. 58), при помощи которого определяют продольные слагающие ветра $W_x = W \cos \gamma$ для каждой высоты и для каждой базы в отдельности, состоит из подвижного и неподвижного кругов с делениями через 1-00. На вертикальном диаметре неподвижного круга вверх и вниз от центра нанесена шкала продольной слагающей скорости ветра через 1 *м/сек*. Вверх идут положительные значения W_x, а вниз отрицательные значения W_x. Через означенные деления шкалы проведены горизонтальные линии.

Верхний подвижный круг прозрачный. На радиусе его нанесена шкала скорости ветра через 1 *м/сек*. При пользовании кругом поступают следующим образом. Совмещают величину (W) на подвижном круге с величиной ($ОЦ$) на неподвижном круге и проектируют скорость ветра W с радиуса подвижного круга на вертикальный диаметр неподвижного круга и считывают с него продольную слагающую ветра. Если радиус подвижного круга будет направлен вверх от горизонтального диаметра неподвижного круга, величину W_x берут со знаком плюс, если вниз — со знаком минус.

Пример. (W) = 32-00, ($ОЦ$) = 51-00, $W = 5$ *м/сек* (см. рис. 58).

Совмещаем деление 32 подвижного круга с делением 51 неподвижного, проектируем величину $W = 5$ *м/сек* с подвижного радиуса на нижнюю часть диаметра неподвижного круга и получаем $W_x = -2$.

Действительно, $\gamma = 32 + 60 - 51 = 41$; тогда $W_x = 5 \cos(41\text{-}00) = -2$.

Полученные значения W_x вместе с исходными значениями записываются в бланк.

База	Правая		Средняя		Левая		
(ОЦ)	51		53		55		
$Д_ц$ *км*	8		7		7		
H	2	50	150	300	500	700	900
(W)	32	34	36	38	38	38	—
t_v	—11	—11	—10	—6	—8	—8	—
W	5	6	7	8	10	10	—
$W_{x_п}$	—2	—1	0	+2	+2	+2	—
$W_{x_с}$	—3	—2	—1	0	0	0	—
$W_{x_л}$	—4	—4	—3	—2	—2	—2	—

Примечание. Индексы у W_x: „п“, „с“ и „л“ означают наименование баз — „правая“, „средняя“ и „левая“.

Определение дальности по высоте $Z_{макс}$ при помощи таблиц

При определении высоты $Z_{макс}$ расчетным способом по формуле (44) нужно вычерчивать соответствующие графики. Кроме того, при решении задачи величина $\operatorname{tg}\mu$ для всех дальностей бе-

ретсяется постоянной. Указанные обстоятельства затрудняют определение высоты $Z_{макс}$.

Более простое и более верное решение поставленной задачи можно производить при помощи таблиц, причем лучше находить не высоту $Z_{макс}$ по заданной дальности, а, наоборот,— дальность по заданной высоте $Z_{макс}$.

В соответствии с графиком (см. рис. 56)

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{50\Delta C}{Z_{макс}}, \tag{45}$$

где ΔC — разность между максимальной скоростью звука и наземной скоростью звука;

$Z_{макс}$ — высота луча, соответствующая максимальной скорости C_W.

Коэффициент 50 в формуле (45) необходимо учитывать потому, что масштаб величин C_W (ΔC) взят в 50 раз больше, чем масштаб величин Z.

Подставляя в формулу (44) вместо $\operatorname{tg}\mu$ его значения из формулы (45), получим

$$Z_{макс} = \frac{7{,}5 \cdot 50 \cdot Д^2 \Delta C}{Z_{макс}}$$

или

$$Д = \frac{Z_{макс}}{\sqrt{375\,\Delta C}} = \frac{Z_{макс}}{19{,}4\sqrt{\Delta C}}. \tag{45'}$$

Величину $Д$ желательно определять в метрах, поэтому в полученном выражении необходимо правую часть умножить на 1000. Сделав это, получим

$$Д = \frac{52\, Z_{макс}}{\sqrt{\Delta C}}. \qquad (46)$$

В соответствии с формулой (45′) рассчитана таблица для определения дальностей по данным значениям $Z_{макс}$ и ΔC.

Таблица значений $Д$ в километрах при различных значениях $Z_{макс}$ и ΔC (значения $Z_{макс}$ даны в метрах, значения ΔC — в *м/сек*)

$Z_{макс}$ \ ΔC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25
50	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
150	8	5	5	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
200	10	7	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
300	15	11	9	8	7	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
500	25	18	15	13	12	10	10	9	8	8	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	5
700	36	26	21	18	16	15	14	13	12	11	11	10	10	10	9	9	9	9	8	8	7
900	46	33	27	23	21	19	17	16	15	15	14	13	13	12	12	12	11	11	11	10	9
1000	50	37	30	26	23	21	20	18	17	16	16	15	14	14	13	13	13	12	12	12	10

Данная таблица составлена так, что входными величинами являются ΔC и $Z_{макс}$, а не акустическая высота Z. Сделано это потому, что при учете метеорологических данных на высоте $Z_{макс}$ и на акустической высоте $Z = \frac{2}{3} Z_{макс}$ получается один и тот же результат. В соответствии с этим проще пользоваться высотой $Z_{макс}$ и метеорологические данные для учета брать для этой высоты. В дальнейшем за акустическую высоту будем принимать высоту, равную $Z_{макс}$.

В результате этого в формуле (28)

$$\sin \alpha_W = \sin \alpha + \Delta\tau_W$$

$\sin \alpha$ равен $\frac{\tau}{T_в}$, где $T_в = \frac{l}{C_в}$, и поправка $\Delta\tau_W$ равна $\frac{W_в}{C_в} \sin \theta_в$.

Здесь индекс «в» означает, что скорость ветра, скорость звука и направление ветра для расчета угла θ надо брать на высоте $Z_{макс}$, т. е. в вершине звукового луча.

Поправка на ветер определяется в этих условиях также по таблице, данной в приложении 4, но только значения берут равными $W_в$ и $\theta_в$.

Для удобства расчета дальности по высоте $Z_{макс}$ и значениям ΔC можно воспользоваться таким бланком.

№ луча	$Z_{макс}$	C_W	ΔC	$Д$
—	0			
1	50			
2	150			
3	300			
4	500			
5	700			
6	900			

В бланке даны стандартные высоты. Определение дальностей, отвечающих нестандартным высотам, можно производить путем интерполирования.

Напомним, что здесь значение ΔC является разностью между максимальным значением скорости звука C_W для данного звукового луча (для данной высоты $Z_{макс}$) и наземным значением C_W.

Для примера, приведенного на стр. 75, рассчитаем величины дальностей для соответствующих значений $Z_{макс}$, пользуясь таблицей значений $Д$.

№ луча	$Z_{макс}$	C_W	ΔC	$Д$
—	0	322	0	—
1	50	323	1	3
2	150	325	3	5
3	300	329	7	6
—	500	328	—	—

Здесь имеем три луча (рис. 59). Для первого луча максимальная высота $Z_{1\,макс} = 50$ *м* и максимальная скорость звука $C_W = 323$ *м/сек*. Величина $\Delta C = 1$ *м/сек*. Согласно таблице значений $Д$ получаем $Д_1 = 3$ *км*. Подобно этому для второго луча высота

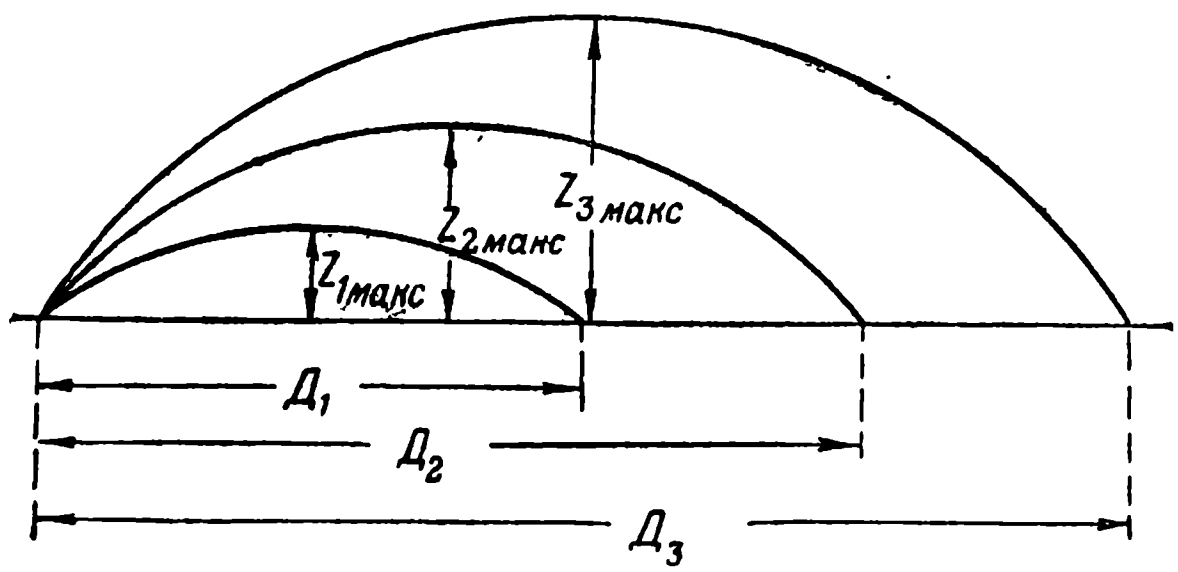


Рис. 59. Звуковые лучи, соответствующие разным дальностям

$Z_{2\,макс} = 150$ *м* и $C_W = 325$ *м/сек*; величина $\Delta C = 3$ *м/сек*. По таблице находим $Д_2 = 5$ *км*. Наконец, для третьего луча находим $Д_3 = 6$ *км*.

В соответствии с этим для первого луча ($Д = 3$ *км*) берем метеорологические данные, соответствующие высоте 50 *м*, для второго — высоте 150 *м*, и для третьего — высоте 300 *м*.

Для каких-либо промежуточных дальностей высоту $Z_{макс}$ можно брать путем интерполирования, например, для $Д = 4$ *км* высота будет равна 100 *м*.

Если бы на высоте 500 *м* и выше скорость звука C_W была 329 *м*, то для всех дальностей засечки надо было бы брать высоту $Z_{макс}$, равную 300 *м*, т. е. высоту, начиная с которой скорость звука C_W не увеличивается (кривая скорости звука начинает идти горизонтально).

При расчете значений $Д$ для каждой акустической базы необходимо иметь свой бланк.

Изложенный способ учета распределения метеорологических элементов по высоте независимо от того, как рассчитывается акустическая высота Z ($Z_{макс}$), обеспечивает получение точных координат целей в следующих случаях (см. рис. 37):

1. Кривая скорости звука (основная кривая) с самого начала непрерывно поднимается с высотой (кривая № 1).

2. Кривая скорости звука сначала непрерывно поднимается с высотой, а затем опускается (кривая № 3).

3. Кривая скорости звука сначала непрерывно поднимается, а затем идет горизонтально.

4. Кривая скорости звука с самого начала непрерывно понижается (кривая № 2).

В первых двух случаях метеорологические элементы берутся для соответствующей высоты Z ($Z_{макс}$). В третьем случае особенностью является то, что для всех дальностей, начиная от дальности, отвечающей высоте Z ($Z_{макс}$) и больше, берутся метеорологические данные, соответствующие высоте $Z_{макс}$. В четвертом случае для учета берутся наземные метеорологические данные для всех дальностей засечки.

5. Если кривая скорости звука сначала поднимается, затем опускается, потом снова поднимается (кривая № 5), то в этом случае получение точных координат целей обеспечивается только для тех значений Z ($Z_{макс}$), которые лежат в пределах от $Z = 0$ до первого максимального значения подъема кривой, т. е. для кривой № 5 от высоты $Z = 0$ до высоты $Z = 150$ *м*.

Согласно кривой № 5 для высоты $Z_{макс} = 150$ *м* величина ΔC равна 1 *м/сек*. По таблице значений $Д$ находим дальность $Д$, которая равна 8 *км*. Следовательно, для дальностей до 8 *км* можно получать точные координаты целей.

В случаях, когда кривая скорости звука с высотой понижается, а затем поднимается (кривые № 4 и № 6), т. е. когда скорость звука с высотой сначала убывает, а затем на некоторой высоте начинает увеличиваться, рекомендуется брать для учета наземные

метеорологические данные, при этом координаты целей следует считать приближенными.

Из сказанного следует, что данный способ учета метеорологических данных не во всех случаях обеспечивает получение точных координат целей; кроме того, в первых трех случаях требуется выполнение еще одного условия, чтобы скорость звука до высоты $Z_{макс}$ увеличивалась равномерно, например, на каждые 100 *м* высоты на 1 *м/сек* или на каждые 100 *м* высоты на 2 *м/сек* и т. д. В действительности же скорость звука с высотой изменяется неравномерно, в одних слоях быстрее, в других медленнее, а в некоторых слоях с высотой она может даже убывать.

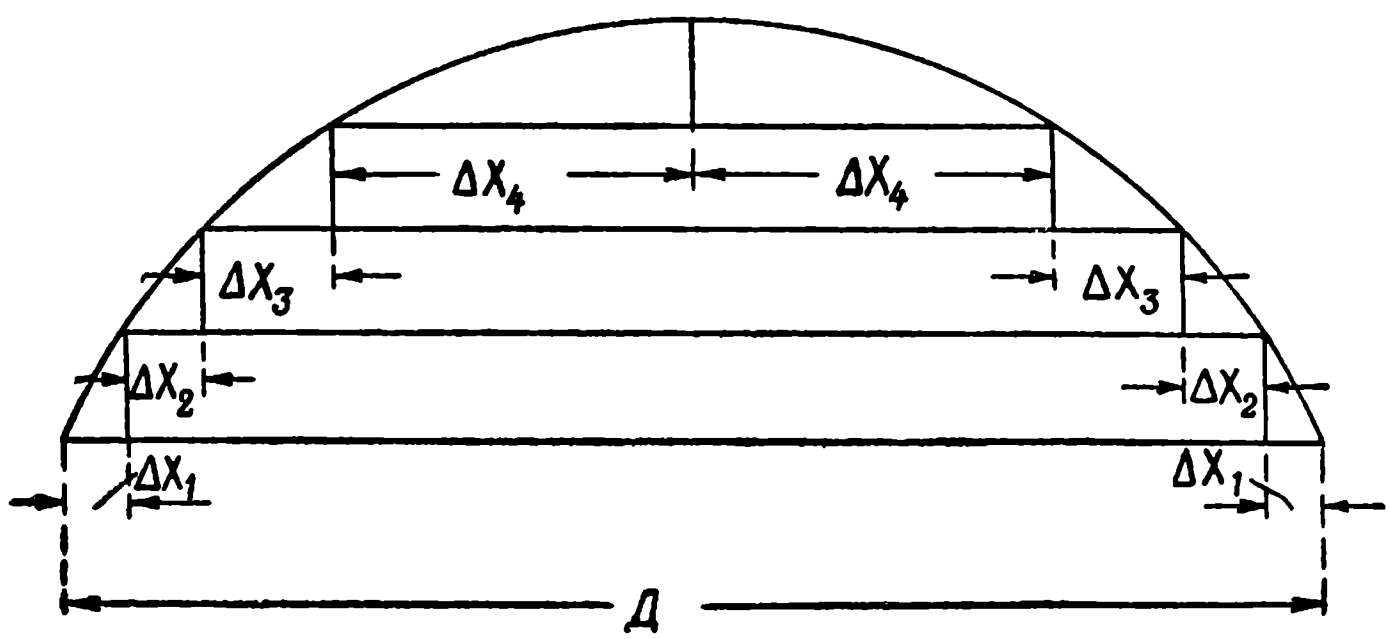


Рис. 60. Определение горизонтальных проекций луча Δx в каждом слое

Для более надежного определения акустической высоты $Z_{макс}$, а следовательно, и более точного учета распределения метеорологических данных по высоте надо атмосферу в пределах данного звукового луча делить на ряд слоев и для каждого слоя определять горизонтальную проекцию луча Δx (рис. 60).

В результате дальность для каждого луча определяется как сумма всех значений Δx. Принимая во внимание симметричность луча, надо брать удвоенные значения Δx для каждого слоя и тогда

$$Д = 2\Delta x_1 + 2\Delta x_2 + \ldots + 2\Delta x_n = \sum 2\Delta x, \qquad (47)$$

где $2\Delta x_n$ — величина $2\Delta x$ для последнего (верхнего) слоя.

Вывод формул для расчета значений Δx нетрудно произвести, если звуковой луч представить в виде ломаной линии (рис. 61).

Из рис. 61 видно, что

$$\Delta x_i = \Delta Z_i \operatorname{tg} \beta_i \qquad (48)$$

или

$$\Delta x_i = \frac{\Delta Z_i}{\operatorname{ctg} \beta_i},$$

где β_i — угол i-го слоя.

Для более точного решения задачи надо было бы брать угол β для середины каждого слоя, т. е. $\beta_{ср}$, так как в действительности

луч не является ломаной линией и углы β на нижней и верхней границах какого-либо слоя не равны между собой. Принимая это во внимание и опуская индексы, получим

$$\Delta x = \frac{\Delta Z}{\operatorname{ctg} \beta_{ср}}.$$

Заменяя $\operatorname{ctg} \beta_{ср}$ через $\frac{\operatorname{ctg} \beta_н + \operatorname{ctg} \beta_в}{2}$ (где $\beta_н$ и $\beta_в$ означают углы для нижней и для верхней границ данного слоя), получим

$$\Delta x = \frac{2\Delta Z}{\operatorname{ctg} \beta_н + \operatorname{ctg} \beta_в}. \qquad (49)$$

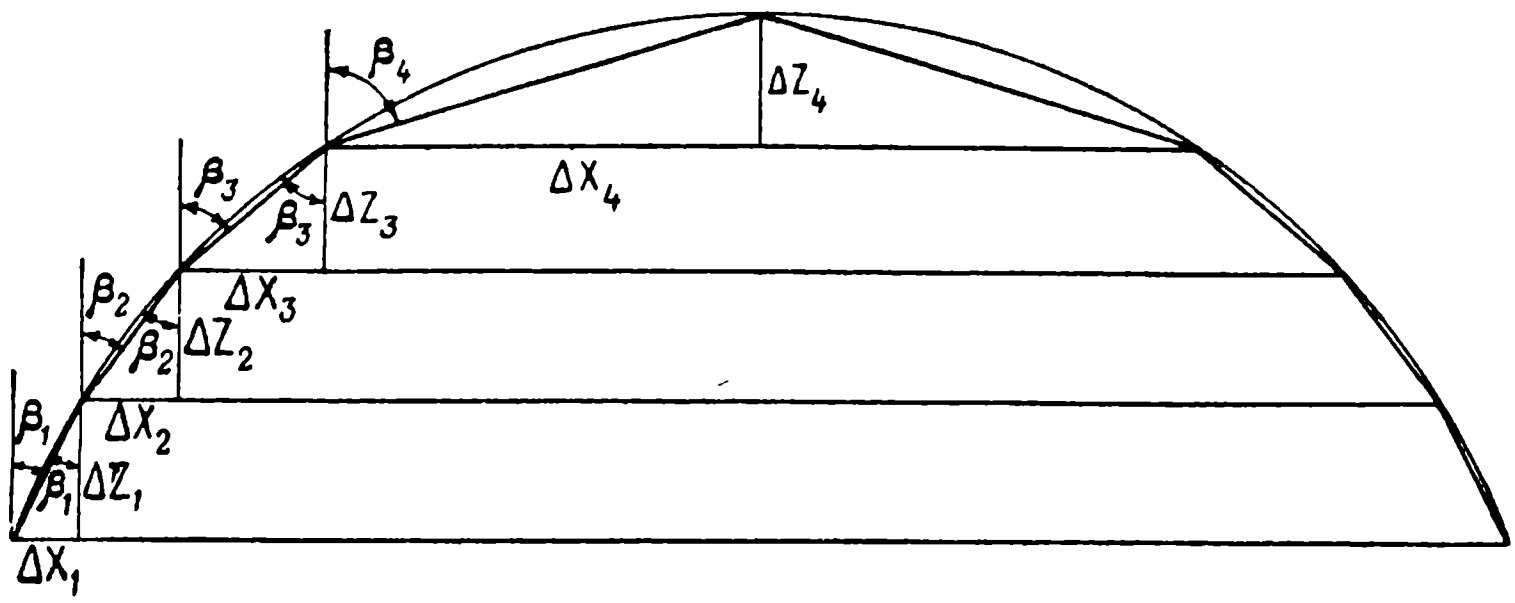


Рис. 61. В кривую звукового луча вписана ломаная линия

Для последнего слоя выражение $\operatorname{ctg} \beta_в$ равно нулю ($\beta_в = 90°$), поэтому

$$\Delta x_n = \frac{2\Delta Z}{\operatorname{ctg} \beta_н}$$

или

$$\Delta x_n = 2\Delta Z \operatorname{tg} \beta_н. \qquad (50)$$

. Следовательно, для последнего слоя значения Δx_n рассчитываются так же, как и значения Δx для любого слоя, т. е. по формуле (48), но только значения Δx_n берутся удвоенными.

Формулы (48) и (50) можно упростить, заменив в них значения $\operatorname{tg} \beta$ величинами ΔC_W; ΔC_W представляет собой разность между скоростью звука $C_{W\,макс}$ в вершине луча и скоростью C_W на нижней или на верхней границе данного слоя [1]. Согласно формуле, приведенной в сноске на стр. 78

$$\sin \beta = \frac{C_W}{C_{W\,макс}},$$

откуда

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{C_W^2}{C_{W_{макс}}^2}}$$

и

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{C_W}{\sqrt{C_{W_{макс}}^2 - C_W^2}}.$$

[1] Величины C_W рассчитываются по бланку, приведенному на стр. 75.

Принимая во внимание, что

$$C_{W\,\text{макс}} = C_W + \Delta C_W,$$

найдем

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{C_W}{\sqrt{(C_W + \Delta C_W)^2 - C_W^2}} = \frac{C_W}{\sqrt{2C_W \Delta C_W + \Delta C_W^2}}.$$

Величина ΔC_W^2 мала по сравнению с величиной $2C_W \Delta C_W$ поэтому, пренебрегая величиной ΔC_W^2 получим

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{C_W}{\sqrt{2C_W}\ \sqrt{\Delta C_W}}.$$

Здесь C_W для простоты расчета можем принять за постоянную величину, равную 330 *м/сек*, и тогда приближенно будем иметь

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{13}{\sqrt{\Delta C_W}} \tag{51}$$

или

$$\operatorname{ctg}\beta = \frac{\sqrt{\Delta C_W}}{13}. \tag{52}$$

Из формулы (52) видно, что при $\Delta C_W = 0$ $\operatorname{ctg}\beta$ также будет равен нулю.

Для последнего слоя $\Delta C_{W_в}$ разность между скоростью в вершине луча $C_{W_{макс}}$ и скоростью на верхней границе его будет равна нулю, поэтому мы из формулы (49) и получаем формулу (50).

Но разности $\Delta C_{W_н}$ или $\Delta C_{W_в}$ могут быть равны нулю и для других слоев. Поэтому и в этих случаях для расчета значений Δx также пользуются формулой (50).

Ввиду симметричности луча нет надобности рассчитывать значения Δx для двух его половин, поэтому в формуле (47) и берут значения $2\Delta x$.

Подставляя формулу (48) вместо $\operatorname{tg}\beta$ его значение из формулы (51) получаем

$$2\Delta x = \frac{26\Delta Z}{\sqrt{\Delta C_W}} \tag{53}$$

и для слоев, в которых $\Delta C_{W_н}$ или $\Delta C_{W_в}$ равно нулю, а следовательно, и для последнего слоя

$$2\Delta x_n = \frac{52\Delta Z}{\sqrt{\Delta C_W}}. \tag{54}$$

При расчете значений $2\Delta x$ по формуле (53) и (54), если ΔC_W не равно нулю, берут значения $\Delta C_{W_н}$, если же $\Delta C_{W_н} = 0$, то для последнего слоя пользуются значениями $\Delta C_{W_в}$.

Формула (54) получилась одинаковой с формулой (46), поэтому при расчете значений $2\Delta x$ для последнего слоя или когда значение $\Delta C_{W_н}$ или $\Delta C_{W_в}$ равно нулю, можно пользоваться таблицей, приведенной на стр. 81, округляя $Д$ до целых километров. Для расчета значений $2\Delta x$ для слоев, когда $\Delta C_{W_н}$ или $\Delta C_{W_в}$ не равно нулю, можно пользоваться также данными этой таблицы, но только значения $2\Delta x$ надо брать уменьшенными в два раза или составить для этого отдельную таблицу.

Более подробно на практическом применении определения высоты $Z_{макс}$ и дальности $Д$ останавливаться не будем, так как эти вопросы изложены в отдельной инструкции.

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НА ЦЕЛЬ ПРИ РАБОТЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ МЕСТНОСТИ

Поправка на превышение (понижение) цели

При работе в горной местности цель может находиться значительно выше или ниже звуковых постов. В обоих этих случаях расстояния до цели увеличиваются по сравнению с расстояниями при

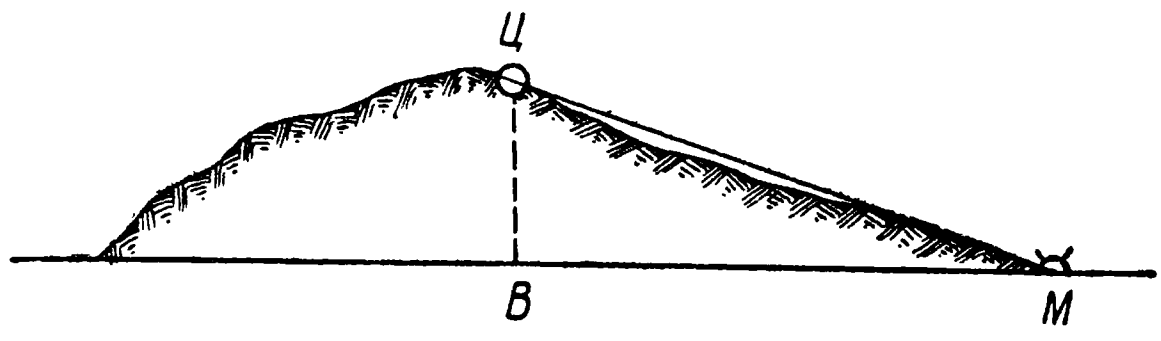


Рис. 62. Цель (точка *Ц*) находится выше звукоприемника (точка *М*)

работе в горизонтальной плоскости, а вместе с этим увеличивается и время прохождения звуком этих расстояний. Действительно, если цель находится в точке *Ц* (рис. 62), то расстояние *ЦМ* будет больше расстояния *ВМ*, где *ВМ* является проекцией *ЦМ* на горизонтальную плоскость. Обозначив расстояние в наклонной плоскости через $Д_н$ и в горизонтальной плоскости через $Д_г$, будем иметь: $ЦМ = Д_н$ и $ВМ = Д_г$. Время, потребное звуку для прохождения расстояния в наклонной плоскости, обозначим через $t_н$ и для прохождения в горизонтальной плоскости через $t_г$. Превышение цели над звуковым постом *ЦВ* обозначим через Δh.

При принятых нами обозначениях будем иметь

$$t_г = \frac{Д_г}{C} \text{ и } t_н = \frac{\sqrt{Д_г^2 + \Delta h^2}}{C}. \qquad (55)$$

Разность между временами $t_н$ и $t_г$ обозначим через Δt, т. е.

$$t_н - t_г = \Delta t, \qquad (56)$$

Подставляя из уравнения (55) значения $t_г$ и $t_н$ в уравнение (56), получим

$$\Delta t = \frac{\sqrt{Д_г^2 + \Delta h^2} - Д_г}{C}. \qquad (57)$$

Для расчета величин Δt формула (57) несколько сложна. Приведем ее к более простому виду. Так как разность времен Δt мала, то она мало изменяется с изменением скорости звука C. Вследствие этого для расчета величин Δt можно скорость звука C принять за величину постоянную и равную 333,3 *м/сек*, и тогда будем иметь

$$\Delta t = 3\left(\sqrt{Д_г^2 + \Delta h^2} - Д_г\right), \qquad (58)$$

где Δt выражено в тысячных секунды.

Вынесем теперь из-под корня $Д_г$ и получим

$$\Delta t = 3\left(Д_г\sqrt{1 + \frac{\Delta h^2}{Д_г^2}} - Д_г\right).$$

Принимая во внимание, что величина $\frac{\Delta h^2}{Д_г^2}$ мала по сравнению с единицей, можем произвести приближенное извлечение корня, и тогда

$$\Delta t = 3\left[Д_г\left(1 + \frac{1}{2}\frac{\Delta h^2}{Д_г^2}\right) - Д_г\right]$$

или окончательно

$$\Delta t = 1{,}5\frac{\Delta h^2}{Д_г}. \qquad (59)$$

Формула (59) остается справедливой и в том случае, если цель находится ниже звукового поста.

Совершенно очевидно, что для другого звукового поста базы получим такое же выражение, как и выражение (59), в котором надо подставить соответствующие значения $Д_г$ и Δh.

Разность между значениями Δt для правого и для левого звуковых постов, т. е. $\Delta t_п - \Delta t_л$, и будет являться поправкой в разность времени τ, получаемую с ленты регистрирующего прибора. Обозначим эту поправку через $\Delta\tau'_h$, и тогда

$$\Delta\tau'_h = \Delta t_п - \Delta t_л. \qquad (60)$$

Поправку $\Delta\tau'_h$ будем называть **поправкой на превышение (понижение) в разность времени τ.**

Знак поправки $\Delta\tau'_h$ определяется знаком разности $\Delta t_п - \Delta t_л$, где величины Δt всегда положительные, так как $t_н$ всегда больше $t_г$.

Справедливость формулы (60) легко пояснить путем следующих рассуждений.

Перепишем формулу (56) для левого и правого звуковых постов данной базы так:

$$\left.\begin{aligned} t_{н\,л} - t_{г\,л} &= \Delta t_л \\ t_{н\,п} - t_{г\,п} &= \Delta t_п \end{aligned}\right\} \qquad (61)$$

Вычитая почленно из верхнего уравнения нижнее, получим

$$t_{н\,л} - t_{н\,п} - (t_{г\,л} - t_{г\,п}) = \Delta t_л - \Delta t_п.$$

Обозначая разность времени τ, получаемую при работе в наклонной плоскости, через $\tau_н$ и при работе в горизонтальной плоскости — через $\tau_г$, будем иметь

$$\tau_н - \tau_г = \Delta t_л - \Delta t_п.$$

Перенеся теперь $\tau_н$ в правую часть равенства и изменив знаки на обратные, окончательно получим

$$\tau_г = \tau_н + (\Delta t_п - \Delta t_л), \qquad (62)$$

где $\Delta t_п - \Delta t_л$ и является поправкой $\Delta\tau'_h$, которая вносится в величину $\tau_н$, получаемую при работе в наклонной плоскости.

Указанное выше правило знаков для $\Delta\tau'_h$ нетрудно пояснить путем следующих рассуждений. Пусть источник звука находится справа от директрисы, т. е. пусть разность времени будет величиной положительной и пусть превышение цели над правым звуковым постом данной базы больше, чем над левым, т. е. $\Delta h_п > \Delta h_л$. Значит путь до правого звукового поста увеличится больше, чем до левого, вследствие этого разности в дальностях стали меньше, а следовательно, стали меньше и разности времени τ. А так как в нашем случае разность времени положительная, то поправку надо брать со знаком плюс. Действительно величина $\Delta\tau'_h = \Delta t_п - \Delta t_л$ будет иметь знак плюс, так как по условию путь до правого поста изменился больше, чем до левого, т. е. $\Delta t_п > \Delta t_л$.

Рассуждая таким образом, можно доказать справедливость указанного правила знаков и для отрицательных величин τ, а также и тогда, когда $\Delta t_п < \Delta t_л$.

Пример. Дано: высота цели $h_ц = 600$ *м*, высота правого звукового поста $h_п = 100$ *м* и левого $h_л = 200$ *м*. Горизонтальная дальность до цели для правого звукового поста $Д_{г\,п} = 5\,300$ *м* и для левого $Д_{г\,л} = 5\,500$ *м*.

Найти поправку на превышение $\Delta\tau'_h$.

Решение. Превышение цели над звуковыми постами:

$$\Delta h_п = 500 \text{ м} \text{ и } \Delta h_л = 400 \text{ м},$$

$$\Delta t_п = 1{,}5 \cdot \frac{\Delta h^2}{Д_г} = 1{,}5 \cdot \frac{500^2}{5300} \approx 71 \text{ тысячной секунды}$$

и

$$\Delta t_л = 1{,}5 \cdot \frac{400^2}{5\,500} \approx 44 \text{ тысячным секунды},$$

откуда

$$\Delta\tau'_h = 0{,}027 \text{ секунды}.$$

Определение величин Δt можно производить по номограмме (рис. 63) или по таблице (приложение 5).

В левом столбце номограммы даны превышения (понижения) Δh в метрах, в правом столбце даны горизонтальные дальности $Д_г$. По наклонной линии даны величины Δt в тысячных долях секунды.

При получении $Д_г$ и Δh прикладывают ребро линейки или полоску бумаги к значениям $Д_г$ и Δh на крайних шкалах и по наклонной шкале берут величину Δt. По данным выше приведенного примера по номограмме и по таблице получаем те же величины: $\Delta t_г = 0{,}071$ секунды и $\Delta t_л = 0{,}044$ секунды.

Для определения поправки в $\sin\alpha$ надо величину $\Delta\tau_h$ разделить на базу во времени T. Деление можно производить при помощи логарифмической звукометрической линейки.

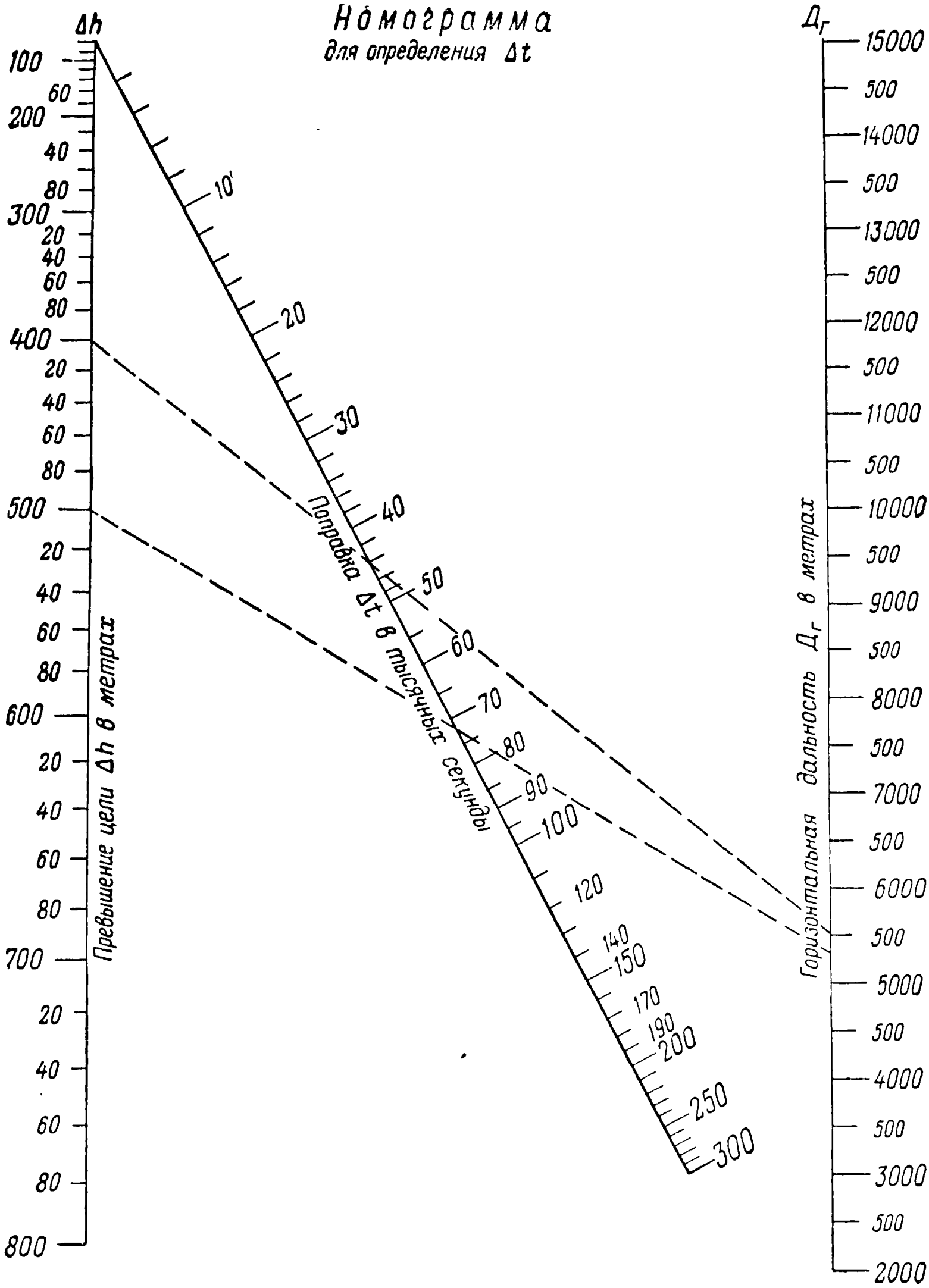


Рис. 63. Номограмма для определения Δt

Поправку на превышение (понижение) цели в синус угла α будем обозначать через $\Delta\tau_h$:

$$\Delta\tau_h = \frac{\Delta\tau'_h}{T}. \qquad (63)$$

Для определения поправки на превышение надо знать дальности до звуковых постов и высоту точек стояния цели и звуковых постов. Для определения дальностей и высоты цели сначала определяют положение цели на планшете без учета поправки на превышение. По полученным координатам цели наносят ее на карту, по которой и определяют дальности и высоту точки ее стояния. Согласно полученным значениям $Д_г$ и Δh определяют величины Δt, а затем и поправку $\Delta\tau_h$ для каждой базы. С учетом этой поправки снова определяют по планшету местоположение цели.

Анализируя значения Δt по номограмме, можно видеть, что при установке звукоприемников одной какой-либо базы на одном уровне, т. е. когда $\Delta h_п = \Delta h_л$, поправка $\Delta\tau_h$ мала и можно ее не принимать во внимание, если значения $\Delta h_п$ и $\Delta h_л$ будут не больше 300 *м*. Отсюда можно сделать такой вывод, что при работе в горных условиях звуковые посты надо устанавливать примерно на одном уровне.

Вообще поправка $\Delta\tau_h$ мала, если величины Δh не превышают 100 *м*, поэтому при работе на среднепересеченной местности поправку на превышение принимать не следует.

Задача 10. Определить $\Delta\tau_h$ при $Д_{г\,п} = 6\,000$ *м*, $Д_{г\,л} = 6\,500$ *м*, $h_ц = 700$ *м*, $h_п = 300$ *м*, $h_л = 400$ *м*, $C = 333{,}3$ *м/сек* и $l = 1$ *км*.

Задача 11. Определить $\Delta\tau_h$ при $Д_{г\,п} = 7$ *км*, $Д_{г\,л} = 6\,500$ *м*, $h_ц = 900$ *м*, $h_п = 400$ *м*, $h_л = 300$ *м*, $l = 1$ *км* и $C = 333{,}3$ *м/сек*.

Задача 12. Определить $\Delta\tau_h$ при $Д_{г\,п} = 10$ *км*, $Д_{г\,л} = 9$ *км*, $h_ц = 200$ *м*, $h_п = 800$ *м*, $h_л = 700$ *м*, $l = 2$ *км* и $C = 333{,}3$ *м/сек*.

Определение синуса угла α с учетом поправок на удаление, на ветер и на превышение цели

Синус угла α с поправками на удаление, на ветер и на превышение (понижение), т. е.

$$\sin\alpha_{\tau_\eta Wh} = \sin\alpha + \Delta\tau_\eta + \Delta\tau_W + \Delta\tau_h. \qquad (64)$$

Решим пример на определение $\sin_{\tau_\eta Wh}$.

Дано: $t_v = +20°$, $W = 5$ *м/сек*, $(W) = 11\text{-}00$, $(ОД) = 19\text{-}00$, $l = 936$ *м*, высота цели $h_ц = 700$ *м*, $Д_{г\,п} = 6\,000$ *м*, $h_ц = 200$ *м*, $Д_{г\,л} = 6\,200$ *м*, $h_л = 100$ *м* и $\tau = +0{,}772$ секунды.

Р е ш е н и е. 1. Находим скорость звука C:

$$C = 331 + 0{,}6 \cdot 20 = 343 \text{ м/сек}.$$

2. Находим базу во времени T:

$$T = \frac{l}{C} = \frac{936}{343} = 2{,}730 \text{ секунды}.$$

3. Находим синус угла α:

$$\sin\alpha = \frac{\tau}{T} = \frac{772}{2{,}730} = +283 \text{ тысячным.}$$

4. Находим величину η:

$$\eta = \frac{Д}{l} = \frac{6\,000}{936};$$

берем $\eta = 6$.

5. По таблице поправок на удаление находим величину поправки $\Delta\tau_\eta$: $\Delta\tau_\eta = +1$ тысячной.

6. Определяем угол θ: $\theta = (W) - (ОД) = 11\text{-}00 - 19\text{-}00 = 52\text{-}00$.

7. По таблице поправок на ветер находим величину поправки $\Delta\tau_W$: $\Delta\tau_W = -11$ тысячных.

8. Пользуясь номограммой для определения Δt, находим величину поправки $\Delta\tau'_h$: $\Delta\tau'_h = \Delta t_п - \Delta t_л = 63 - 87 = -24$ тыс. секунды. Делим 24 на T и получаем поправку на превышение:

$$\Delta\tau_h = \frac{\Delta\tau'_h}{T} = \frac{-24}{2{,}730} = -9 \text{ тысячных.}$$

В результате получаем синус угла α с поправками на удаление, на ветер и на превышение.

$$\sin\alpha_{\eta W h} = +283 + 1 - 11 - 9 = +264 \text{ тысячных.}$$

Задача 13. Дано: $l = 998$ *м*, $(ОД) = 22\text{-}00$, $(W) = 45\text{-}00$, $W = 7$ *м/сек*, $t = +15°$, $h_п = 320$ *м*, $h_л = 160$ *м*, $h_ц = 500$ *м*, $Д_{г\,п} = 9\,000$ *м*, $Д_{г\,л} = 8\,700$ *м*, $\tau = +675$.

Найти $\sin\alpha_{\eta W h}$.

Задача 14. Дано: $l = 1\,500$ *м*, $(ОД) = 7\text{-}00$, $(W) = 6\text{-}00$, $W = 7$ *м/сек*, $t = -10°$, $h_п = 50$ *м*, $h_л = 200$ *м*, $h_ц = 300$ *м*, $Д_{г\,п} = 7$ *км*, $Д_{г\,л} = 6\,750$ *м*, $\tau = -350$.

Найти $\sin\alpha_{\eta W h}$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ III

1. В чем заключается сущность принципа разности времени?
2. Что такое акустическая база и как обозначаются длина и центр ее?
3. Что называется директрисой акустической базы?
4. Что такое угол α?
5. Какой вид имеют основная и рабочая звукометрические формулы?
6. Какое сделано допущение при выводе формулы для $\sin\alpha$?
7. Как определяется знак разности времени τ?
8. Что такое база во времени T?
9. Почему вводится поправка на удаление?
10. Как пишется формула поправки на удаление в синус угла α?
11. От чего зависит знак поправки на удаление?
12. При какой дальности поправка на удаление не вводится?
13. Почему вводится поправка на ветер?
14. Какой вид имеет формула поправки на ветер?
15. Каков знак поправки на ветер?
16. Какая может получиться ошибка поправки при ошибке в скорости ветра на 1 *м/сек* при угле θ, равном 90°?
17. Можно ли поправку на ветер рассчитывать заранее — до получения величин $\sin\alpha$?
18. Как производится учет влияния метеорологических элементов при наличии данных о распределении их с высотой?

19. Что называется акустической высотой и как она определяется?
20. Какая поправка вводится при работе в горных условиях?
21. Как лучше располагать звуковые посты какой-либо базы при работе в горной местности?

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ ГЛАВЫ III

№ задачи	Ответ	№ задачи	Ответ
1	+ 294 тысячных	10	+ 6 тысячных
2	+ 323 тысячных	11	— 10 тысячных
3	— 36 тысячных	12	+ 2 тысячных
4	+ 2 тысячных	13	+ 239 тысячных
5	— 1 тысячная	14	— 76 тысячных
6	0		
7	+ 6 тысячных		
8	— 17 тысячных		
9	+ 29 тысячных		

ГЛАВА IV

ПРИБОРЫ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Звукометрической станцией называется совокупность (комплект) приборов, при помощи которых решаются задачи звуковой разведки. В состав звукометрической станции входят: шесть комплектов приборов звукового поста, два комплекта приборов поста предупреждения, регистрирующий прибор и приборы, обеспечивающие его работу, и комплект приборов обработки лент и отсчетов.

Кроме того, в состав звукометрической станции входят: инструмент, запасные части и средства связи.

В зависимости от способа питания звукоприемников электрическим током звукометрические станции подразделяются на станции с центральным и с местным питанием.

Те звукометрические станции, звукоприемники которых получают электрический ток от аккумуляторов, питающих регистрирующий прибор, называются станциями с центральным питанием.

Если звукоприемники питаются от специально для них выделенных аккумуляторов, находящихся в расположении звукового поста, то такие станции называются станциями с местным питанием.

Войсковое подразделение, вооруженное одной звукометрической станцией, называется подразделением звуковой разведки. Это подразделение в зависимости от его организации может называться взводом или батареей звуковой разведки.

Не вдаваясь в более подробное описание указанных выше станций (так как более подробные сведения о них даются в Руководстве по звукометрическим станциям), остановимся только на принципах устройства их. В первую очередь остановимся на устройстве станции СЧЗ-6.

§ 1. ПРИБОРЫ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ СЧЗ-6

Звукоприемник

В комплект приборов звукового поста звукометрической станции СЧЗ-6 входят: звукоприемник, контрольный прибор звукового поста, три заземлителя и сумка звукового поста с принадлежностями и инструментом.

Звукоприемником называется прибор, предназначенный для приема дульных и баллистических волн и волн разрывов снарядов

(мин) и для преобразования колебаний этих волн в колебания электрического тока.

Основными требованиями, предъявляемыми к звукоприемникам, являются:

— чувствительность, позволяющая принимать дульные волны и волны разрывов снарядов на требуемых расстояниях;

— резкость начала записей, позволяющая точно определять момент прихода звука к звукоприемнику;

— быстрое затухание колебательной системы, позволяющее обеспечить прием наибольшего числа записей (звуков) в единицу времени (в секунду);

— избирательность, позволяющая принимать из всей массы звуковых волн только дульные волны и волны разрывов снарядов;

— качественное отличие записей различных волн, позволяющее отличать записи дульных волн от баллистических волн и волн разрывов снарядов (мин);

— направленность действия, позволяющая улавливать звуки только из заданного сектора;

— постоянство в работе, обеспечивающее стабильность работы станции в продолжение определенного времени;

— простота, легкость, удобство в переноске и удобство в обслуживании.

Кроме того, должны быть предъявлены и такие требования, как обеспечение работы по двухпроводной и однопроводной линии связи, а также обеспечение телефонных разговоров по линии, соединяющей звукоприемник с регистрирующим прибором.

Давление звуковых волн измеряется в барах, поэтому под чувствительностью звукоприемника подразумевается величина вырабатываемого звукоприемником напряжения в милливольтах на один бар.

Угольные микрофоны могут развивать напряжение до нескольких милливольт на бар.

Дульные волны в районе расположения звукоприемников при средних дальностях засечки имеют давление несколько бар, а при хороших условиях слышимости,— несколько десятков бар.

Современный бой характеризуется большими плотностями артиллерийского огня, поэтому очень важно, чтобы звукоприемники давали возможность получать наибольшее число записей на ленте с хорошими и отчетливо наблюдаемыми началами их. Но это требование связано с увеличением коэффициента затухания колебаний подвижной части звукоприемника и в известной части противоречит требованию получения высокой чувствительности.

Увеличение затухания противоречит также требованию получения резких начал записей, что имеет большое значение при работе станций на принципе разности времени.

Учитывая вышесказанное, при конструировании звукоприемников (регистрирующих приборов) выбирают оптимальный режим их, обеспечивающий в известных пределах требования в отношении чувствительности и затухания колебаний подвижной системы.

Современные звукоприемники дают возможность в среднем принимать не более трех звуков в секунду.

Требование качественного отличия записей различных волн диктуется тем, что в настоящее время засечка целей ведется только по записям дульных волн и при регистрации различных волн необходимо иметь возможность качественного анализа их.

Избирательность и качественное отличие записей различных волн обеспечивается до некоторой степени расчетом частоты собственных колебаний подвижной системы звукоприемника (регистрирующего прибора).

В отношении направленности следует отметить, что современные звукоприемники таковой не обладают.

С акустической точки зрения звукоприемники могут быть подразделены на звукоприемники давления и звукоприемники скорости.

Звукоприемники давления рассчитываются на использование давления звуковых волн, а звукоприемники скорости рассчитываются на использование колебательной скорости частиц воздуха звуковых волн.

Оба вида звукоприемников обычно снабжаются резонаторами; в первом случае закрытого типа и во втором случае — открытого (резонатор Гельмгольца с одним отверстием).

В звуковой разведке резонатор закрытого типа называется просто баком.

Подвижной частью в резонаторах закрытого типа (в баках) является мембрана, которая служит крышкой этого бака.

Очень часто резонаторы, и в частном случае резонатор закрытого типа (бак с мембраной), называют звукоприемником. Мы же звукоприемником будем называть резонатор (бак) вместе с микрофоном.

Резонатор служит для приема звуковых волн, и в частности, резонатор закрытого типа (бак с мембраной) служит для приема звуковых волн и для преобразования акустических колебаний в механические колебания мембраны.

В звукоприемниках давления применяются обычно микрофоны давления (угольные, конденсаторные, индукционные и др.), в звукоприемниках скорости применяются микрофоны скорости (тепловые и др.).

Микрофоны давления служат для преобразования механических колебаний мембраны в колебания электрического тока; микрофоны скорости служат для непосредственного преобразования акустических колебаний в колебания электрического тока.

Звукоприемник скорости при наличии, например, теплового микрофона, работает таким образом: в горловине резонатора вставлена тонкая металлическая нить, нагретая электрическим током до темного каления; известно, что с изменением температуры будет изменяться электрическое сопротивление этой нити. При подходе звуковой волны к звукоприемнику нить будет находиться под воздействием переменного потока воздуха, протекающего через горловину резонатора, что повлечет за собой изменение силы тока в цепи. При помощи пишущего механизма регистрирую-

щего прибора полученные изменения тока фиксируются на ленте, по записям которой при наличии двух звукоприемников и определяют разность времени.

Основным недостатком звукоприемников с тепловыми микрофонами является то, что по записям на ленте, получаемым при помощи этих звукоприемников, трудно отличить запись дульной волны от записи баллистической волны.

Конденсаторные и индукционные звукоприемники являются малочувствительными и требуют высокочувствительных пишущих систем регистрирующих приборов.

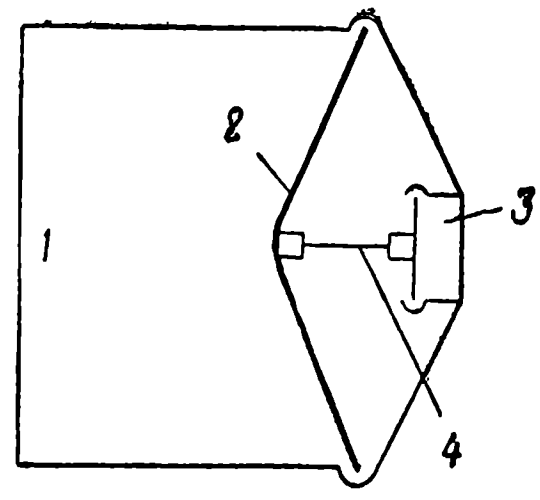


Рис. 64. Схема звукоприемника с угольным микрофоном

В звукометрической станции СЧЗ-6 применяется звукоприемник давления с угольным микрофоном. Этот звукоприемник (рис. 64) представляет собой бак *1* с алюминиевой мембраной *2* и микрофоном *3*. Для передачи колебаний мембране микрофона последняя жестко при помощи винта *4* соединена с мембраной бака. Для увеличения чувствительности микрофона (звукоприемника) площадь мембраны бака берется во много раз больше площади мембраны микрофона. При таком устройстве звукоприемника колебания большой мембраны передаются малой мембране, заставляя ее производить бóльшее давление на угольные зерна и тем самым вызывать в цепи бóльшие колебания тока.

Объем бака выбирается с таким расчетом, чтобы звукоприемник лучше реагировал на дульные волны и волны разрывов снарядов, давал бы возможность получать записи с хорошими началами их и чтобы по записям можно было легко отличать запись дульной волны от записи баллистической волны.

Благодаря наличию угольного микрофона и соответствующим размерам бака и мембраны бака звукоприемник станции СЧЗ-6 является достаточно чувствительным; вместе с усилителем станции он обеспечивает большую дальность засечки и возможность без особых затруднений отличать записи дульных волн от записей баллистических волн.

Угольный микрофон обычно состоит из корпуса, угольной колодки с угольным порошком и мембраны. В звукометрической станции СЧЗ-6 микрофон имеет две угольные колодки — подвижную и неподвижную, между которыми насыпан угольный порошок.

Общий вид звукоприемника станции СЧЗ-6 представлен на рис. 65. Бак звукоприемника *1* представляет собой деревянный ящик со съемной стенкой *2*, служащей для крепления на ней алюминиевой мембраны с крестовинами. Крестовин две: внешняя *3* с кольцом *4*, к которому привинчен фланец *5*, и внутренняя (на рисунке не видна). Внутренняя крестовина укреплена на силуминовом кольце и к ней привинчена пружинящая шайба, соединенная с алюминиевой мембраной. Капсюль микрофона находится между алюминиевой мембраной и кольцом *4*. Ось подвижной угольной

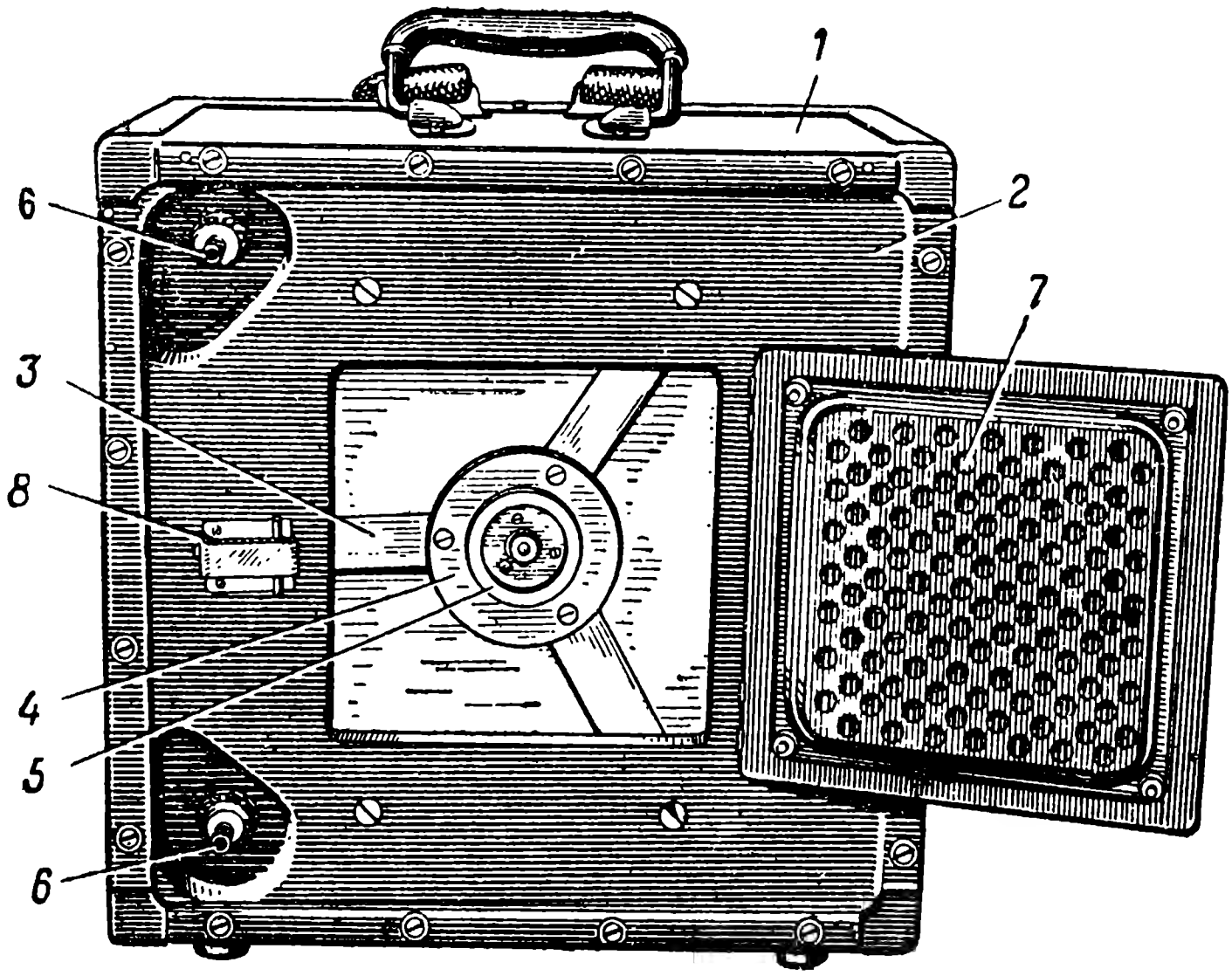


Рис. 65. Общий вид звукоприемника звукометрической станции СЧЗ-6

колодки микрофона ввинчена в мембрану звукоприемника, а ось неподвижной угольной колодки зажата во фланце *5* при помощи стопорного винта. Поворачивая фланец можно, таким образом, оттягивать или приближать неподвижную колодку к подвижной и тем самым изменять сопротивление микрофона и устанавливать требуемую силу тока в его цепи. В этом и заключается регулировка силы тока в цепи микрофона.

Для изоляции внутреннего объема ящика от внешнего воздуха края мембраны соединены с силуминовым кольцом эластичной шелковой прорезиненной материей. С целью герметизации корпус микрофона закрыт гофрированной мембраной. Начальное сопротивление микрофона 2000 *ом,* в процессе работы сопротивление порядка 1000 *ом*. Вследствие большого сопротивления микрофона его называют высокоомным. Звукоприемник с микрофоном, имеющим большое сопротивление, выгодно отличается от звукоприемников с микрофоном, имеющим малое сопротивление (звукоприемника станции СЧЗМ-36) тем, что микрофон этот требует для питания небольшого тока (4—5 *ма*), благодаря чему даже при очень большом сопротивлении всей цепи микрофона, в частности и линий связи, питание электрическим током такого микрофона можно производить от аккумуляторной батареи, расположенной на центральном пункте. Для подключения звукоприемника при помощи шланга к контрольному прибору на съемной стенке имеются две клеммы *6*. Окно на съемной стенке закрывается дверкой *7*, состоящей из двух металлических решеток, между которыми для уменьшения влияния

ветра проложено сукно. Во время работы звукоприемника дверка должна быть закрыта и закреплена защелкой *8*.

Съемная стенка снимается только во время ремонта или для устранения каких-либо неисправностей.

Работа звукоприемника протекает следующим образом. До прихода звуковой волны к звукоприемнику давление вне бака и внутри его равно атмосферному.

При подходе к звукоприемнику дульной волны под ее воздействием вся мембрана бака будет как бы вдавливаться в бак и потянет за собой подвижную угольную колодку; последняя отойдет от угольных зерен, и они займут большее пространство, будут менее тесно соприкасаться друг с другом, вследствие чего сопротивление порошка увеличится и сила тока микрофона цепи упадет.

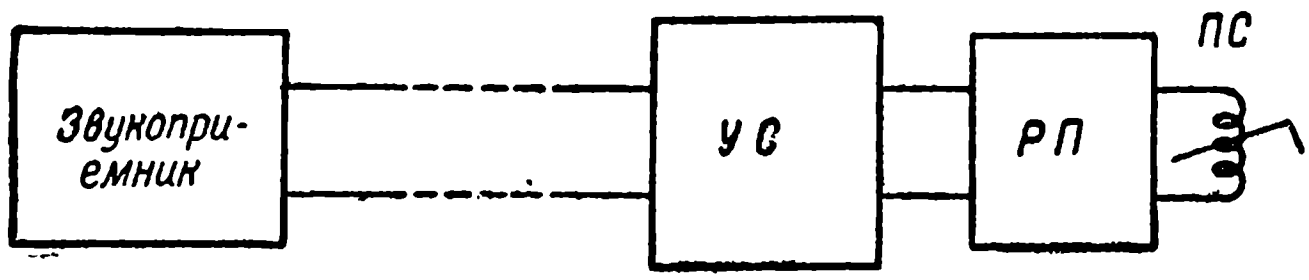


Рис. 66. Схема станции СЧЗ-6

В следующий момент при подходе к звукоприемнику разреженной части волны давление вне бака будет меньше атмосферного, давление же в баке будет несколько больше атмосферного, вследствие чего мембрана бака, а с ней опять и мембрана микрофона с подвижной угольной колодкой отклонится в обратную сторону и будет сжимать порошок, уплотняя его и тем самым уменьшая его сопротивление. Сила тока цепи микрофона возрастет.

В результате действия звуковой волны обе мембраны будут совершать колебательное движение, разжимая и сжимая угольный порошок микрофона. Благодаря этому в цепи микрофона создаются электрические колебания, которые через усилитель (рис. 66) и согласующий трансформатор поступают в пишущую систему (ПС) регистрирующего прибора (РП). В результате этого на ленте получается запись электрических колебаний (запись звуковой волны).

Контрольный прибор звукового поста

Контрольный прибор звукового поста (рис. 67) является переходным устройством, служащим для соединения звукоприемника с регистрирующим прибором, телефонной связи с центральным пунктом, а также для контроля исправности линии связи и для перехода с двухпроводной линии связи на однопроводную. Контрольный прибор представляет собой деревянный ящик, на плате *1* которого смонтированы: три клеммы *2* для подключения линий связи и заземлителей, миллиамперметр *3* для наблюдения за силой тока в линии микрофона, гнездо *4* для подключения шланга звукоприемника, тумблер *5* для переключения звукового поста с двухпроводной линии связи на однопроводную, три штепселя *6* для

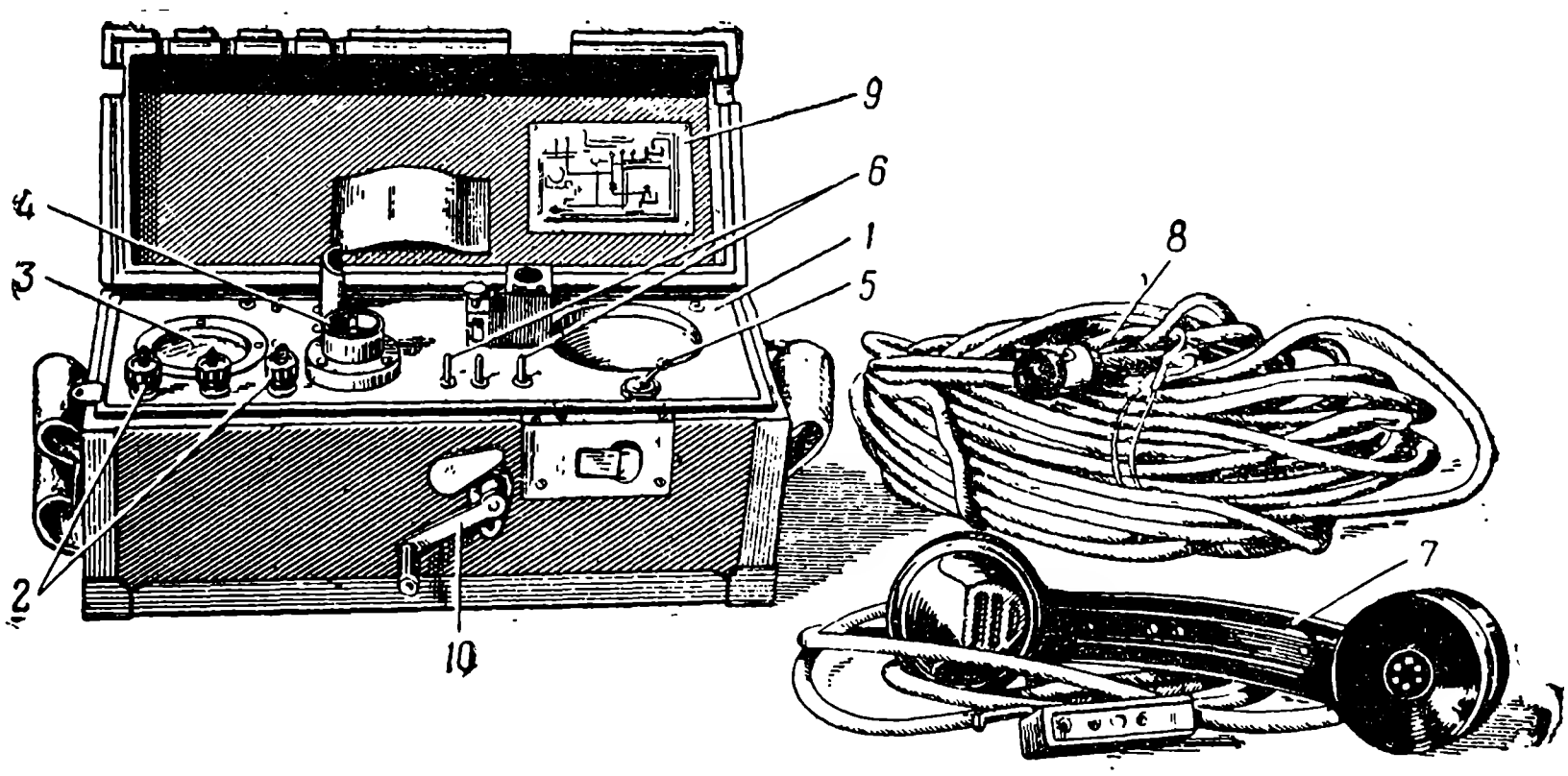


Рис. 67. Общий вид контрольного прибора звукового поста звукометрической станции СЧЗ-6

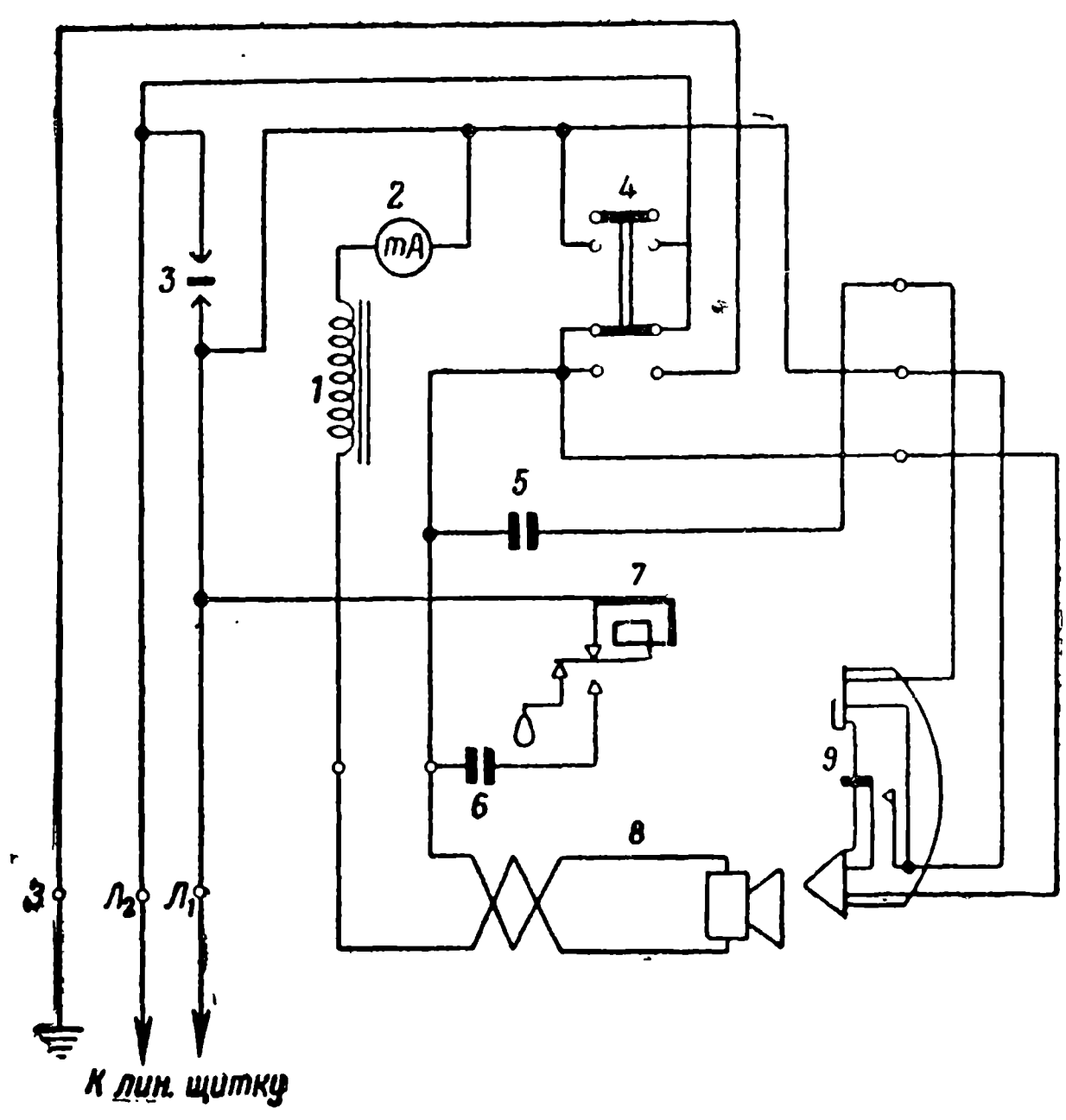


Рис. 68. Схема контрольного прибора звукового поста звукометрической станции СЧЗ-6

подключения микротелефонной трубки *7*. Для подключения звукоприемника к контрольному прибору имеется тридцатиметровый шланг *8*, который при перевозке укладывается в ящик контрольного прибора. На внутренней стороне крышки ящика помещена схема *9* контрольного прибора.

На передней стенке ящика имеется специальное гнездо для ручки индуктора *10*. В походном положении ручка эта закрепляется на плате при помощи винта.

С внутренней стороны платы смонтированы дроссель, грозовой разрядник, разделительный конденсатор и конденсатор фильтра.

Внутри ящика находится индуктор, предназначенный для вызова центрального пункта.

На рис. 68 показана электрическая схема контрольного прибора.

Назначение грозового разрядника *3*, миллиамперметра *2*, тумблера *4*, индуктора *7* и микротелефонной трубки *9* — известно. Дроссель *1* предназначен для того, чтобы не пропускать токи разговорной частоты через звукоприемник. Подобно этому разделительный конденсатор *5* предназначен для того, чтобы не пропускать токи низкой частоты (токи звукоприемника) через микротелефонную трубку. Конденсатор фильтра *6* служит для уменьшения амплитуды записей на ленте низких частот сигналов вызова.

Питание звукоприемника и микротелефонной трубки осуществляется от центральной батареи напряжением 18 *в*. Цепь питания звукоприемника при двухпроводной линии осуществляется следующим образом: +18 *в* батареи (см. рис. 72), дроссель *Др 2-1*, контрольная кнопка *К*, миллиамперметр и далее через клемму $Л_1$ в линейный щиток, линию связи к клемме $Л_1$ контрольного прибора поста (см. рис. 68), миллиамперметр, дроссель, звукоприемник, переключатель, клемма $Л_2$, линия связи, линейный щиток, клемма $Л_2$ (см. рис. 72), переключатель и —18 *в* батареи.

При обрыве одного из проводов работа осуществляется через неповрежденный провод и землю. Для этого тумблер на контрольном приборе ставят в положение «Однопроводная».

Цепь питания микрофона микротелефонной трубки параллельна цепи питания звукоприемника.

Контрольный прибор поста предупреждения

В состав имущества поста предупреждения входят: контрольный прибор, выносная кнопка, три заземлителя и сумка поста предупреждения с принадлежностями и инструментом.

Контрольный прибор поста предупреждения является устройством, при помощи которого осуществляется запуск регистрирующего прибора, телефонная связь, контроль за исправностью линии связи и переход с двухпроводной линии связи на однопроводную.

Контрольный прибор поста предупреждения по своему устройству и электрической схеме ничем не отличается от контрольного прибора звукового поста за исключением того, что вместо звуко-

приемника в электрической схеме подключены последовательно две пусковые кнопки — одна на самом приборе, другая выносная. Поэтому электрическая схема этого прибора и его внешний вид здесь не приводятся.

Питание поста предупреждения, как и питание звукоприемника, осуществляется от центральной батареи в 18 *в*.

Регистрирующий прибор

Регистрирующий прибор предназначен для записи колебаний электрического тока, поступающего от звукоприемников (из вторичных обмоток трансформаторов).

Основные требования, предъявляемые к регистрирующему прибору, остаются примерно теми же, которые предъявлялись и к звукоприемникам, а именно:

— чувствительность пишущих систем, обеспечивающая требуемые дальности засечки;

— резкость начала записей;

— быстрое затухание колебательной системы;

— избирательность и качественное отличие записей различных волн;

— минимальный «разброс» начал записей при приеме звуковых волн одной и той же цели;

— идентичность записей при приеме звуков одной и той же цели.

Чувствительность пишущих систем принято выражать в миллиметрах смещения пера на один миллиампер тока, поступающего в обмотку катушки пера (в гальванометр). Например, при токе в 1 *ма* перо должно сместиться на 10 *мм*, т. е. амплитуда записи должна быть 10 *мм*.

Разброс начал записей зависит в основном от стабильности хода ленты, от резкости начал записей и от стабильности работы звукоприемников. Идентичность записей зависит от работы всего звукового тракта, т. е. от звукоприемников, от усилителя, трансформатора, линий связи и от пишущих систем.

Идентичность записей заключается в том, что характер записи одной и той же цели остается примерно постоянным и отличается от характера записей других целей. Это способствует более быстрому и надежному дешифрированию лент.

К указанным основным требованиям должны быть добавлены требования, связанные с удобством и дешевизной в эксплуатации.

Все современные регистрирующие приборы относятся к типу осциллографов. Осциллограф слово латинское, в переводе значит: «прибор, записывающий колебания».

По методу записи осциллографы могут быть подразделены на три основных вида:

— приборы с фотооптической записью;

— приборы с механической записью;

— приборы с магнитной записью.

Регистрирующий прибор звукометрической станции СЧЗ-6

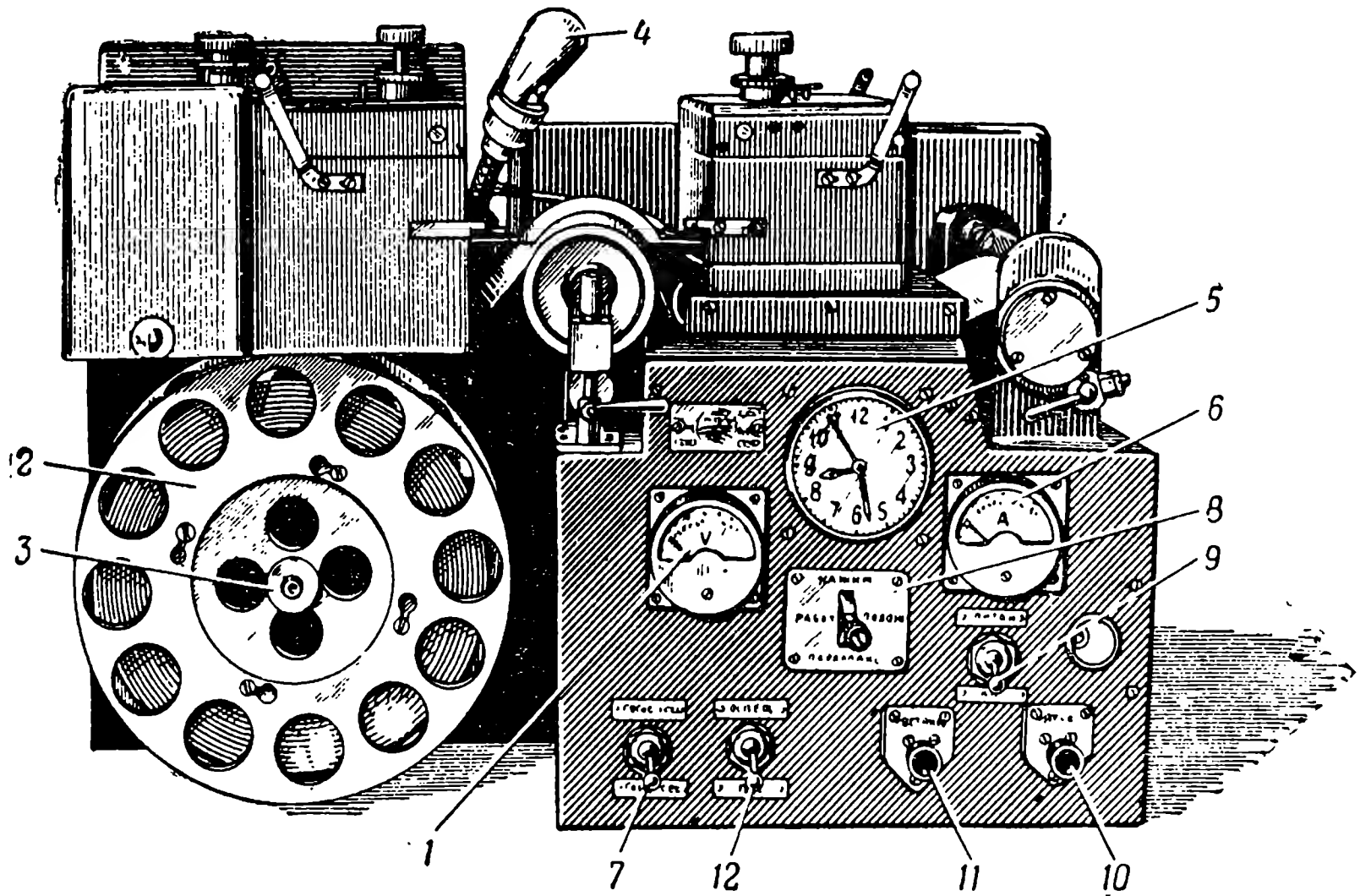


Рис. 69. Общий вид регистрирующего прибора звукометрической станции СЧЗ-6

(рис. 69) состоит из лентопротяжного механизма, системы синхронизации, пишущего механизма, выпрямителя анодного питания, механизма пуска и остановки, устройства для снятия параллакса перьев и поверки нажима перьев и пульта управления.

Лентопротяжный механизм (рис. 69) состоит из тянущего устройства, барабана и электропривода. К тянущему устройству относятся: тянущий и прижимной валики, вращающийся столик и направляющие ролики (на рисунке не видны).

Барабан *2* с бумажной лентой надевается на ось и закрепляется на ней гайкой *3*. Для заправки бумажной ленты прижимной валик при помощи рукоятки отводится от тянущего валика, а столик вместе с чернильницами опускается рукояткой вниз. Тянущий валик приводится во вращение мотор-конвертором (на рисунке не виден) при помощи червячного редуктора.

Мотор-конвертор является шунтовым мотор-преобразователем. На роторе его имеется коллектор, служащий для питания якоря током постоянного напряжения, и два кольца, на которые подается синхронизирующее напряжение с камертона. Кроме того, переменное напряжение, снимаемое с колец мотора, после трансформации и выпрямления используется для питания анодных цепей усилителей.

Для обеспечения постоянной скорости ленты, равной $100 \pm 0{,}1$ *мм* мотор должен вращаться с постоянной скоростью 3000 оборотов в минуту. Ошибка в скорости вращения мотора допускается $\pm 1{,}5$ оборота в минуту. Для обеспечения такой точности вращения мотора применяется специальное синхронизирующее устройство (система).

Система синхронизации состоит из камертона и трансформатора синхронизации. Камертон предназначен для получения колебаний электрического тока постоянной частоты (50 *гц*). Трансформатор синхронизации преобразует импульсы тока, поступающие с камертона в переменное напряжение, которое подается на синхронизирующую часть мотор-конвертора, чем и стабилизируется постоянное число оборотов. Кроме того, импульсы тока от камертона через трансформатор и добавочное сопротивление подаются в пишущую систему масштаба времени.

Камертон станции СЧЗ-6, когда она находится в выжидательном положении, запускается автоматически. Автоматический запуск осуществляется при помощи электромагнита пуска и реле отключения этого электромагнита при нажатии на одну из кнопок пуска.

В комплекте станции имеется эталонный камертон; при помощи эталонного камертона и стробоскопического диска, находящегося на оси червяка редуктора, производят проверку частоты камертона станции (число оборотов мотора). При проверке один оборот стробоскопического диска должен совершаться за промежуток времени не менее 33 секунд.

Пишущий механизм состоит из следующих элементов: шести «звуковых» пишущих систем (по числу звуковых постов), одной «камертонной» пишущей системы для записи масштаба времени и столика с двумя чернильницами.

Каждая пишущая система состоит из постоянного магнита и пишущей катушки, укрепленной при помощи пружины на контактной плате системы. На другой стороне пишущей катушки укреплен держатель пера со стеклянным капиллярным пером. Пишущая катушка (бескаркасная) имеет 550 витков; сопротивление ее равно 500 ± 15 *ом*.

Камертонная катушка имеет утолщенную пружину толщиной 0,4—0,3 *мм*.

В рабочем положении регистрирующего прибора пишущие катушки звукоприемников включены через трансформатор на выход усилителя. В результате взаимодействия постоянного магнитного поля и переменного магнитного поля, создаваемого током, поступающим от звукоприемника через усилитель, катушка приходит в колебание и на движущейся ленте записывается кривая.

Регулировка нажима перьев на бумажную ленту осуществляется при помощи винтов, помещенных на откидной крышке пишущих систем.

Выпрямитель анодного питания служит для преобразования переменного напряжения (12—14 *в*), снимаемого с колец мотор-конвертора, в напряжение постоянного тока 75—85 *в*, необходимого для питания анодов ламп усилителей. Выпрямитель состоит из трансформатора, селенового выпрямителя и сглаживающего фильтра (дросселя и конденсатора).

Механизм пуска и остановки состоит из двух линейных реле, пускового реле, устройства для автоматического пуска камертона и кнопок пуска и остановки на регистрирующем приборе.

Механизм пуска и остановки предназначен для приведения в движение мотора (ленты) и для остановки его. Приведение в движение мотора (ленты) принято называть пуском регистрирующего прибора. Пуск регистрирующего прибора производится старшим разведчиком с поста предупреждения за 1—1,5 секунды до прихода звуковой волны к звукоприемникам и останавливается работающим на регистрирующем приборе при проходе звуковой волны через все звукоприемники, т. е. когда на ленте получатся записи от всех звукоприемников. Пуск регистрирующего прибора может производиться и работающим на регистрирующем приборе.

Пуск и остановка прибора производятся путем нажатия на соответствующую кнопку, т. е. на кнопку пуска или на кнопку остановки.

При нажатии на кнопку пуска происходит следующее: подается питание мотор-конвертору, анодам ламп усилителей, электромагниту возбуждения камертона, электромагниту пуска камертона, реле отключения камертона и на нити накала ламп усилителей.

При нажатии на кнопку остановки питание этих цепей прекращается. Вместе с этим останавливается мотор и затухают колебания камертона.

При запущенном регистрирующем приборе в момент нажатия на пусковую кнопку камертонное перо делает отметку на ленте.

Устройство для определения параллакса перьев и проверки нажима перьев состоит из импульсного диска нажима перьев, импульсного диска параллакса, переключателя, реле и трансформатора. Диск нажима перьев имеет 12 зубцов и диск параллакса 1 зубец. Оба диска вращаются при вращении ведущего валика лентопротяжного механизма, вследствие чего происходит замыкание контактных пружин этих дисков и в зависимости от положения переключателя посылается ток в катушки пишущих систем 12 раз или 1 раз в каждую секунду. В соответствии с этим на ленте получаются или 12 записей в секунду от каждой из шести пишущих систем или же по одной записи в каждую секунду.

Трансформатор нажима служит для отделения постоянной составляющей тока от переменной составляющей импульсов «нажима» перьев.

Пульт управления смонтирован на передней панели регистрирующего прибора и служит для управления прибором и для контроля за его работой. К пульту управления (см. рис. 69) относятся переключатель *8* для переключения пишущего механизма из рабочего положения в положение для проверки нажима перьев или для определения параллакса, тумблеры для включения питания *9*, освещения *12* и сопротивления в цепь накала ламп усилителей *7*, кнопки пуска *10* и остановки *11*. Кроме того, на панели пульта управления расположены вольтметр *1*, служащий для измерения напряжения батареи питания и при нажатии его кнопки анодного напряжения, амперметр *6*, при помощи которого контролируется

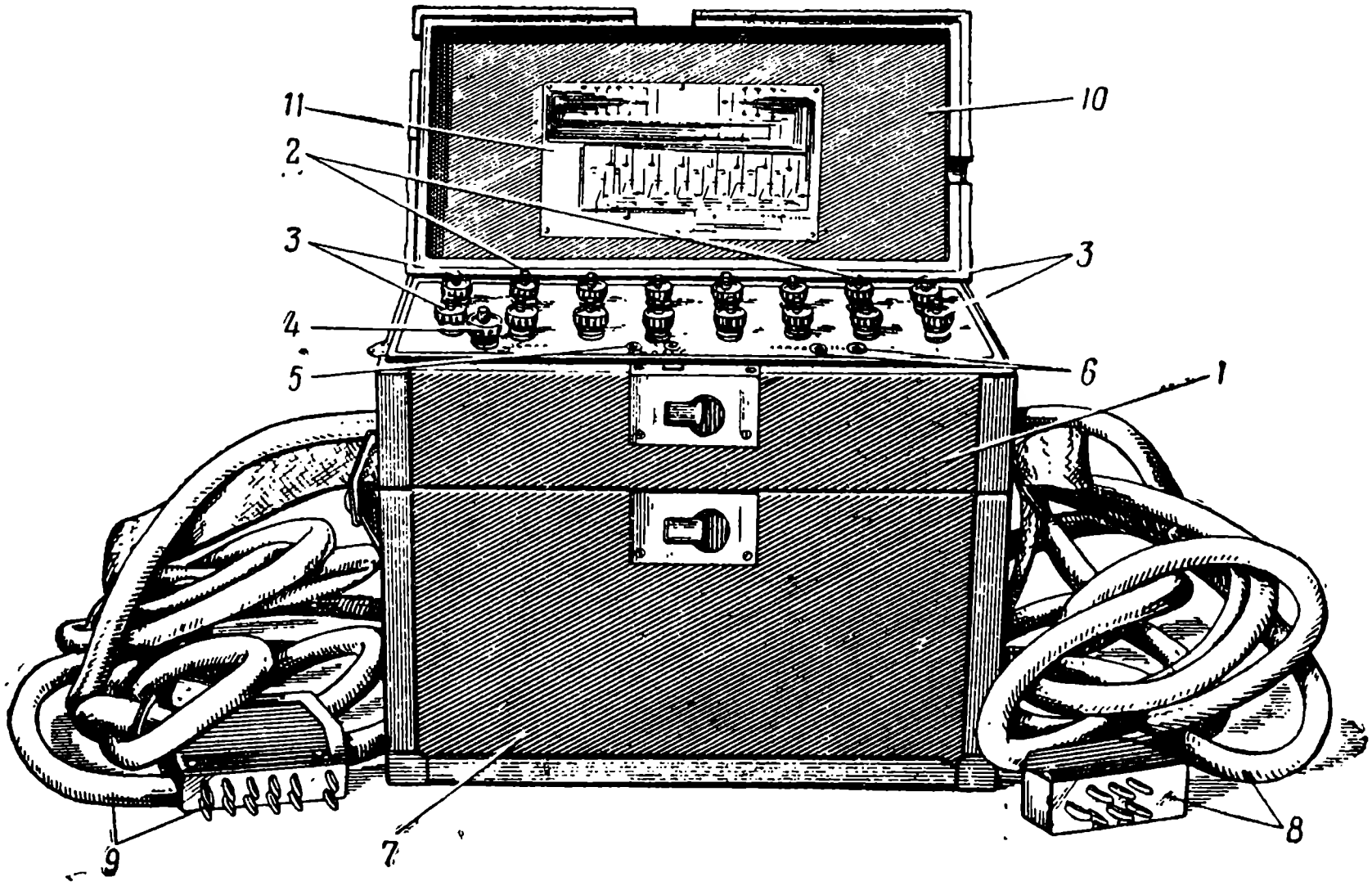


Рис. 70. Общий вид линейного щитка звукометрической станции СЧЗ-6

сила тока, потребляемого станцией, часы *5*, переключатель готовности *7* и лампа *4*.

Регистрирующий прибор помещается в футляре. В рабочем положении передняя крышка футляра откидывается и открывает доступ к прибору. На задней стороне футляра имеется окно, через которое подключаются шланги от усилительного блока и аккумуляторной батареи.

Линейный щиток служит для соединения линий связи звуковых постов и постов предупреждения с усилительным блоком. Он представляет собой деревянный ящик (рис. 70), на верхней части которого *1* (на плате) размещены двенадцать клемм *2* для подключения линий связи от звуковых постов, четыре клеммы *3* для подключения линий связи от постов предупреждения, одна клемма *4* для подключения заземления, два гнезда *5* для подключения омметра, два гнезда *6* для подключения переносной лампы.

Линейный щиток соединяется с усилителем при помощи двух шлангов *8* и *9*, помещаемых при перевозке в нижней части ящика *7*.

На нижней стороне платы размещены грозовые разрядники.

На крышке ящика *10* помещена схема линейного щитка *11*.

Усилительный блок служит для усиления электрических колебаний, поступающих от звукоприемников и для телефонной связи со звуковыми постами и с постами предупреждения. Кроме того, он позволяет контролировать исправность линий связи и осуществлять переход с двухпроводной на однопроводную связь.

На рис. 71 показан общий вид усилительного блока спереди. В верхней части блока расположено телефонное устройство *1*, в нижней части — шесть усилителей *2* (по числу звуковых постов).

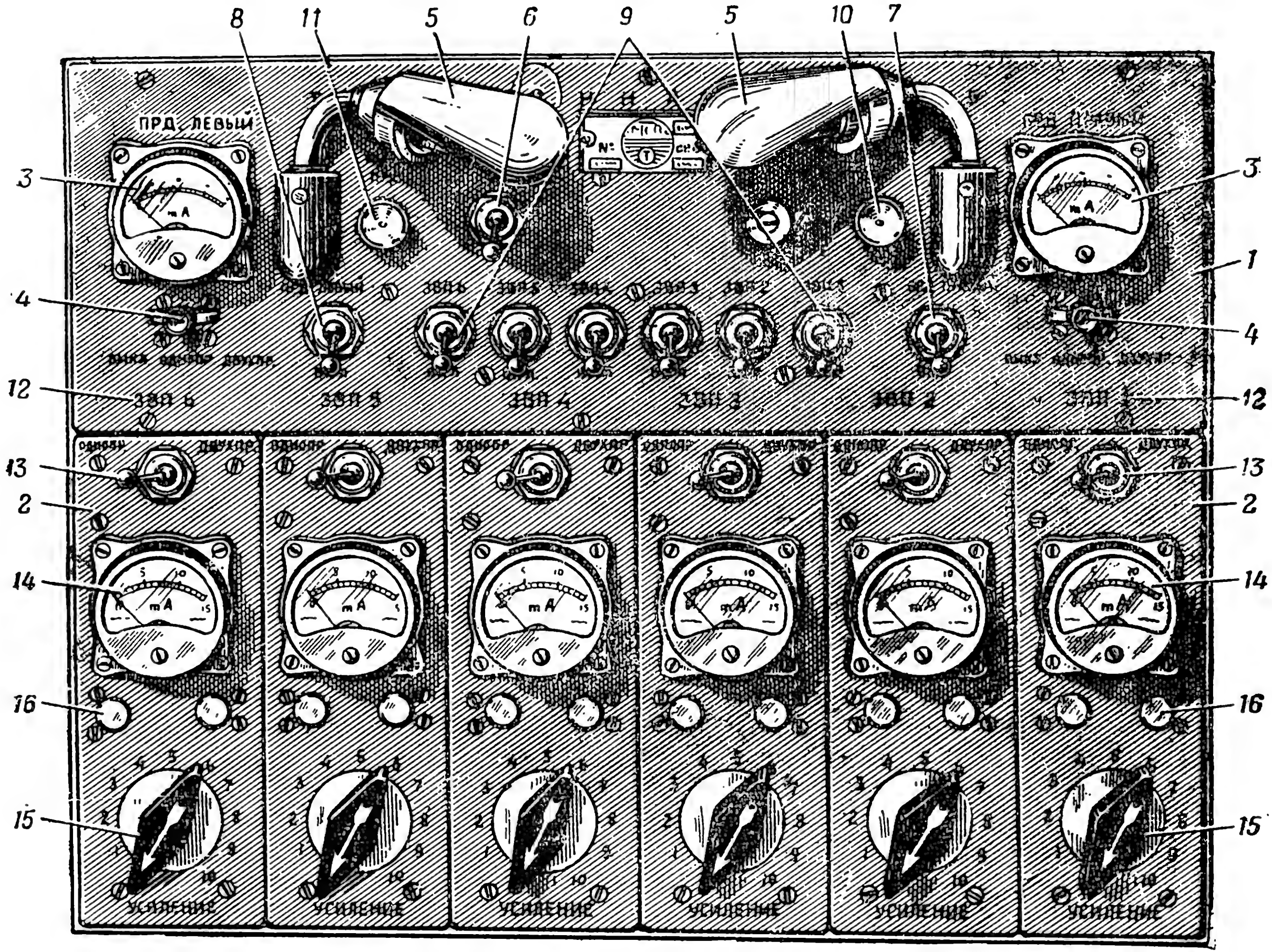


Рис. 71. Общий вид усилительного блока звукометрической станции СЧЗ-6

Для удобства ремонта усилители сделаны в виде отдельных, удобно вынимаемых блоков. На передней стороне телефонного устройства размещены следующие части: два миллиамперметра *3*, служащие для контроля исправности линий связи постов предупреждения, два переключателя *4* для переключения двухпроводной линии связи на однопроводную и для выключения постов предупреждения в случае их неисправности или в случае перехода на работу с одним постом предупреждения, две лампы *5* для освещения приборов усилительного блока, тумблер *6* для включения освещения, тумблеры *7* и *8* для телефонной связи с правым и левым постами предупреждения, шесть тумблеров *9* телефонной связи со звуковыми постами, кнопки вызова *10* и *11* звуковых постов и постов предупреждения, нумерация звуковых постов *12*, указывающая на принадлежность усилительного блока к данному посту.

В нижней части против каждого усилительного блока расположены: переключатель *13* для переключения звуковых постов с двухпроводной связи на однопроводную, миллиамперметры *14* для контроля исправности линий связи звуковых постов с кнопкой для проверки усилителя, регулятор усиления *15* с десятью ступенями усиления, две защелки *16* для закрепления и вынимания блоков усилителя.

На задней стенке усилительного блока расположены гнезда для подключения шлангов от линейного щитка и регистрирующего прибора, а также двух микротелефонных трубок, служащих для телефонной связи со звуковыми постами и с постами предупреждения. Микротелефонные трубки и соединительный шланг от регистрирующего прибора хранятся при перевозке в ящике с запасными частями.

Для нормального нагрева ламп усилителя после их включения (после пуска регистрирующего прибора предупредителем) требуется большое время, поэтому лампы усилителя работают с предварительным подогревом. Подогрев ламп для их экономии — двухступенчатый: полный и ослабленный. В соответствии с этим усилитель в рабочем состоянии (перед запуском) может находиться при двух режимах ламп: при полном накале и при полунакале.

Установка режимов работы производится при помощи переключателя готовности *7* (см. рис. 69) лентопротяжного механизма, расположенного на регистрирующем приборе. При установке переключателя готовности в положение «Готовность 0,5 секунды» лампы будут иметь полный накал, а при установке в положение «Готовность 2 секунды» — полнакала.

Нормально лампы должны работать в режиме «Готовность 0,5 секунды». В положение «Готовность 2 секунды» переключатель устанавливается только при достаточном удалении поста предупреждения от центрального пункта, при сравнительно редком огне со стороны противника и при больших перерывах в работе по засечке целей.

Усилитель (рис. 72) для каждого звукового поста — двухкаскадный с входным дросселем (*Др 2-1*). Первый каскад является реостатным усилителем напряжения, второй — выходным трансфор-

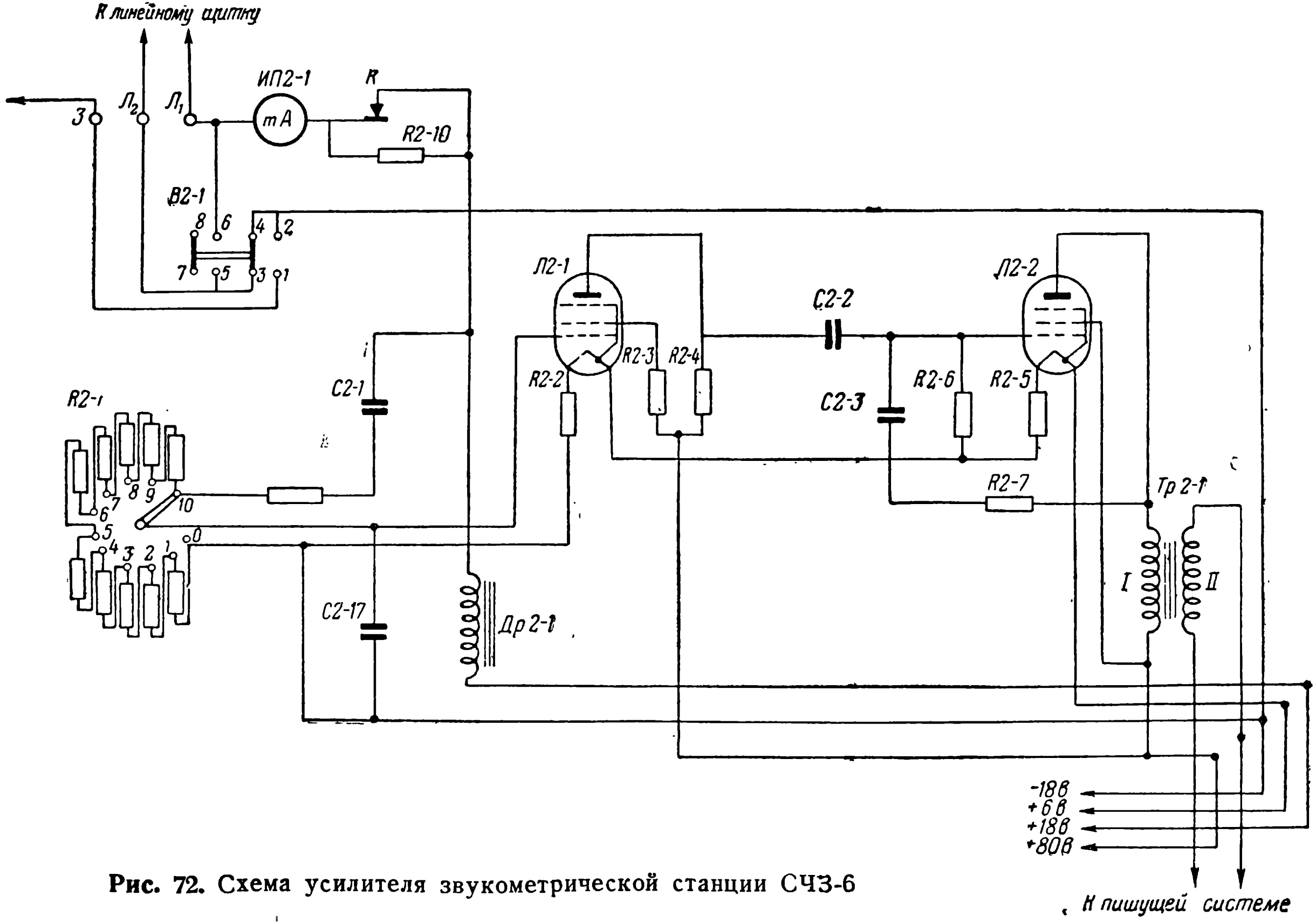


Рис. 72. Схема усилителя звукометрической станции СЧЗ-6

маторным; между каскадами применена емкостная связь через конденсатор.

Аноды ламп питаются от выпрямителя анодного питания напряжением 80 *в*, а накал — от шестивольтовой аккумуляторной батареи.

Проверка исправности усилителя осуществляется при помощи кнопки *К*, расположенной в нижнем правом углу миллиамперметра. При нажатии на эту кнопку в линейную цепь усилителя включается сопротивление, равноценное изменению сопротивления микрофона звукоприемника при воздействии на него звуковой волны. Следовательно, на вход усилителя будет подан электрический сигнал, который записывается соответствующей пишущей системой.

При рассмотрении приборов звукового поста было показано токопрохождение от +18 *в* батареи через звукоприемник к —18 *в* батареи.

В момент прихода звука выстрела (разрыва снаряда) к звукоприемнику в цепи микрофона (звукового канала) модулируется переменный ток. Падение напряжения этого тока на дросселе *Др 2-1* (см. рис. 72) через разделительный конденсатор *С2-1* снимается на регулятор усиления *R2-1*, с которого попадает на сетку лампы *Л2-1*. После усиления двумя каскадами напряжение поступает на выходной трансформатор *Тр2-1*, из вторичной обмотки которого подается на пишущую систему.

Телефонная связь центрального пункта с постами предусмотрена как центральная, так и раздельная. При центральной связи осуществляется одновременная связь со всеми звуковыми постами или постами предупреждения. При раздельной связи осуществляется связь только с одним каким-либо постом.

Включение на связь постов предупреждения и звуковых постов производится при помощи соответствующих тумблеров, расположенных на верхней части усилительного блока. Телефонная связь может осуществляться как по двухпроводной, так и по однопроводной линиям.

Вызов звуковых постов и постов предупреждения осуществляется при помощи зуммера путем нажатия на одну из кнопок вызова. Вызов центрального пункта постами осуществляется при помощи индуктора. Ток от индуктора с частотой колебаний порядка 750 *гц* поступает в телефон микротелефонной трубки и вызывает в нем звучание мембраны.

Источники питания

Станции придается 10 щелочно-кадмиевых аккумуляторов типа 5НКН-45. Из них пять аккумуляторов являются рабочими и пять запасными. Из рабочих аккумуляторов три используются для питания станции и два — для комплекта освещения. Для питания станции три аккумулятора соединяются последовательно и дают в сумме напряжение в 18 *в*. Полученная батарея в 18 *в* питает основные элементы регистрирующего прибора: мотор-конвертор,

камертонный генератор, пусковое реле и цепи звуковых постов и постов предупреждения. Один из аккумуляторов (6 *в*) 18-вольтовой батареи питает накал ламп усилителей. Другие два аккумулятора (12 *в*) 18-вольтовой батареи питают лампы освещения регистрирующего прибора и усилительного блока, переносную лампу, включаемую в усилительный блок или в линейный щиток, и омметр.

Если в процессе работы напряжение батарей будет меньше 16,2 *в*, то необходимо измерить напряжение отдельных батарей при помощи вольтметра с нагрузкой; если окажется, что батарея имеет напряжение меньше 5,4 *в*, то ее необходимо заменить свежей.

Во избежание подачи на накал ламп усилителей напряжения в 12 *в*, необходимо, чтобы в момент подключения шланга питания РП тумблер питания РП был в положении «Выключено». Из тех же соображений рекомендуется подключение шланга питания производить в следующем порядке: —18 *в*, +6 *в*, +18 *в*, а отключение в обратном порядке.

В комплект станции СЧЗ-6 включено также следующее имущество:

— комплект приборов для обработки лент, состоящий из линейки для снятия отсчетов и построительных линеек;
— комплект освещения для пункта обработки;
— запасные части, инструмент и принадлежность (ЗИП);
— эталонный камертон;
— закорачивающая колодка РП;
— закорачивающая колодка усилительного блока;
— шнур подключения батареи к усилительному блоку.

Примечание. В устройство станций последних выпусков внесены некоторые изменения. Работа на контрольном приборе поста предупреждения производится или с помощью выносной кнопки или, при выходе ее из строя, с помощью запасной кнопки.

Изменены размеры и форма линейного щитка. Для соединения с усилителем щиток имеет один только шланг.

Для большей надежности запуск камертона производится один раз при включении тумблера питания. В дальнейшем независимо от пуска и остановки камертон работает непрерывно.

Для изменения чувствительности усилителя к сигналам разной частоты усилители имеют частотную коррекцию (управление частотной характеристикой).

При работе в нормальных условиях регулятор коррекции усилителя должен находиться в положении *2*.

При помехах от проходящего транспорта и самолетов регулятор коррекции ставится в положение *1* и при засечке реактивных установок—в положение *3*.

§ 2. ПРИБОРЫ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ СЧЗМ-36

Звукоприемник звукометрической станции СЧЗМ-36 устроен аналогично звукоприемнику станции СЧЗ-6. Отличие заключается главным образом в применении низкоомного микрофона (около 40 *ом*), а также в бóльших габаритах и весе.

Бак звукоприемника станции СЧЗМ-36 представляет собой такой же деревянный ящик, как и бак звукоприемника станции

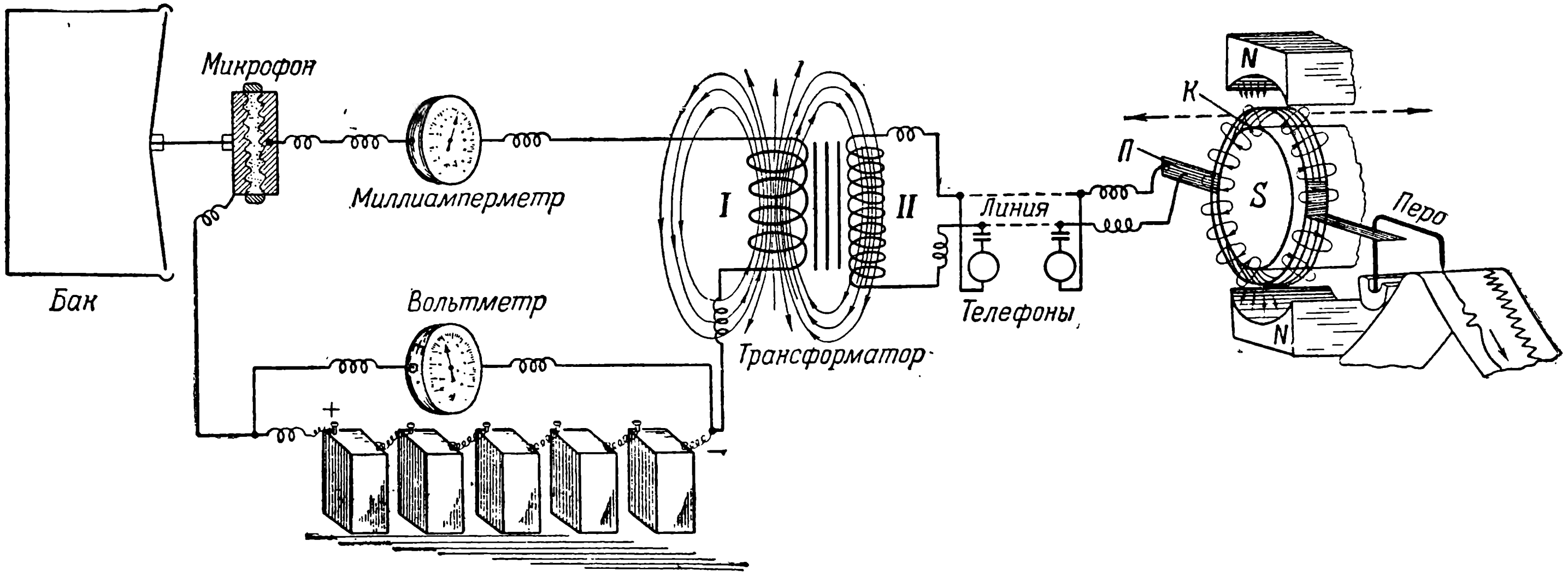


Рис. 73. Схема звукометрической станции СЧЗМ-36

СЧЗ-6, но он несколько бóльших размеров, а вместо съемной стенки имеет крышку.

Звукоприемник включается в цепь регистрирующего прибора через трансформатор (рис. 73). В результате действия звуковой волны подвижная колодка микрофона совершает колебательное движение, разжимая и сжимая угольный порошок. Благодаря этому в первичной обмотке трансформатора создаются колебания электрического тока, а во вторичной обмотке трансформатора возникает электродвижущая сила. Ток из этой обмотки по линиям связи поступает в пишущую систему регистрирующего прибора.

Трансформатор служит для согласования цепи микрофона с цепью пишущей системы и для отделения постоянной слагающей тока микрофона от линии. Трансформатор помещен в деревянном ящике, на внутренней крышке которого смонтировано четыре пары зажимов для включения батареи, звукоприемника, телефонного аппарата и линии. Для измерения силы тока в цепи микрофона и напряжения аккумуляторной батареи, находящейся на звуковом посту, на внутренней крышке ящика смонтированы миллиамперметр и вольтметр.

Прибор-предупредитель, как и контрольный прибор поста предупреждения станции СЧЗ-6, служит для запуска регистрирующего прибора и для отметки на записи камертонного пера момента пуска. Прибор представляет собой деревянный ящик, несколько меньших размеров, чем ящик трансформатора, в котором смонтированы основная и выносная пусковые кнопки и трансформатор. Трансформатор служит для индуктивной связи телефона поста предупреждения с телефоном центрального пункта. Телефонный аппарат на посту предупреждения присоединяется через клеммы ко вторичной обмотке трансформатора. Пусковые кнопки включены последовательно в первичной обмотке трансформатора. Ток в линию пусковых кнопок подается от аккумуляторной батареи центрального пункта.

Регистрирующий прибор станции СЧЗМ-36 (рис. 74) отличается от регистрирующего прибора станции СЧЗ-6 в основном только габаритами и весом. За исключением выпрямителя анодного питания он имеет те же механизмы, что и регистрирующий прибор станции СЧЗ-6.

На рис. 74 показан общий вид прибора и в частности: пишущий механизм *1*, барабан с лентой *2*, тянущий валик *3*, прижимной валик *4*, камертон *5*, амперметр *6*, вольтметр *7* и часы *8*.

К особенностям устройства регистрирующего прибора станции СЧЗМ-36 следует отнести следующее. Пишущие системы этого прибора имеют не постоянный магнит, а электромагнит, на что расходуется лишняя электроэнергия. Запуск камертона производится вручную и запущенный камертон работает непрерывно, не останавливаясь в момент остановки регистрирующего прибора, на что также затрачивается лишняя электроэнергия; кроме того, звук камертона утомляюще действует на обслуживающий персонал станции. Регулировка нажима перьев на бумагу производится поворо-

том пишущей системы; такая регулировка менее удобна, по сравнению с регулировкой нажима перьев в станции СЧЗ-6.

Если в станции СЧЗ-6 на питание всех цепей станции требуется аккумуляторная батарея в 18 *в* (три аккумулятора по 6 *в*), то в станции СЧЗМ-36 требуется на центральном пункте аккумуляторная батарея в 24 *в* (четыре аккумулятора по 6 *в*) и на каждом звуковом посту по одному аккумулятору в 6 *в*. Таким образом, в станции СЧЗ-6 одновременно в работе находятся только три аккумулятора по 6 *в*, в то время как в станции СЧЗМ-36 — 10 таких же аккумуляторов.

Общая чувствительность станции СЧЗМ-36 благодаря отсутствию усилителя раза в полтора меньше чувствительности станции СЧЗ-6, следовательно, и дальность засечки ее раза в полтора меньше.

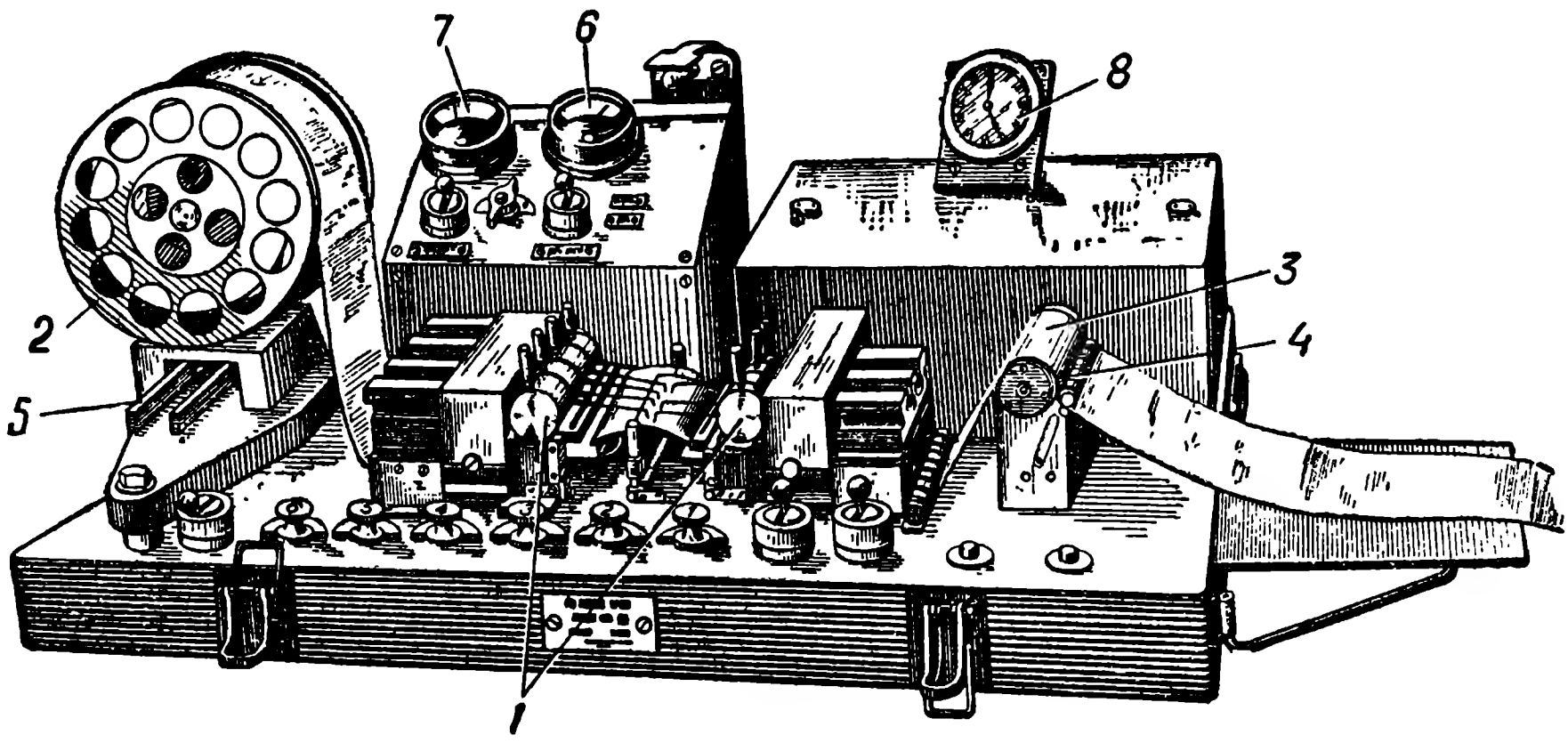


Рис. 74. Общий вид регистрирующего прибора станции СЧЗМ-36

Следует также отметить и то положение, что отдельные упаковки станции СЧЗ-6 (регистрирующий прибор и т. п.) могут переноситься на небольшие расстояния одним человеком, в то время как регистрирующий прибор станции СЧЗМ-36 один человек переносить не может.

Единственным достоинством станции СЧЗМ-36 является более простое обслуживание ее, что связано с отсутствием усилителя.

Переходной щиток в станции СЧЗМ-36 как и линейный щиток в станции СЧЗ-6 является переходным устройством между линиями звуковых постов и постов предупреждения и регистрирующим устройством. Основная разница между этими приборами состоит только в том, что у линейного щитка (в СЧЗ-6) клеммы расположены сверху, а у переходного щитка (в СЧЗМ-36) на передней стенке.

Основным достоинством станции СЧЗ-6 является то, что при меньшем весе приборов звукового поста она обеспечивает бóльшую дальность засечки, чем станция СЧЗМ-36. К недостаткам ее надо отнести наличие усилительного блока.

§ 8. РЕГИСТРИРУЮЩИЕ ПРИБОРЫ С ФОТООПТИЧЕСКОЙ ЗАПИСЬЮ

Устройство пишущего механизма приборов с фотооптической записью, так же как и приборов с механической записью, основано на взаимодействии магнитных силовых линий магнита и проводника с током. В приборах с фотооптической записью вместо катушки с пером, находящейся в магнитном поле электромагнита, применяется струнный или петлевой гальванометр с зеркалом, закрепленным на петле гальванометра.

В первом случае на фотоленте прочерчивается тень от струны, получающаяся от освещения струны электрической лампочкой. Во втором случае запись получается от изменения положения светового пятна (зайчика), отражающегося от зеркала петли (шлейфа). На рис. 75 показана схема петлевого гальванометра (шлейфа).

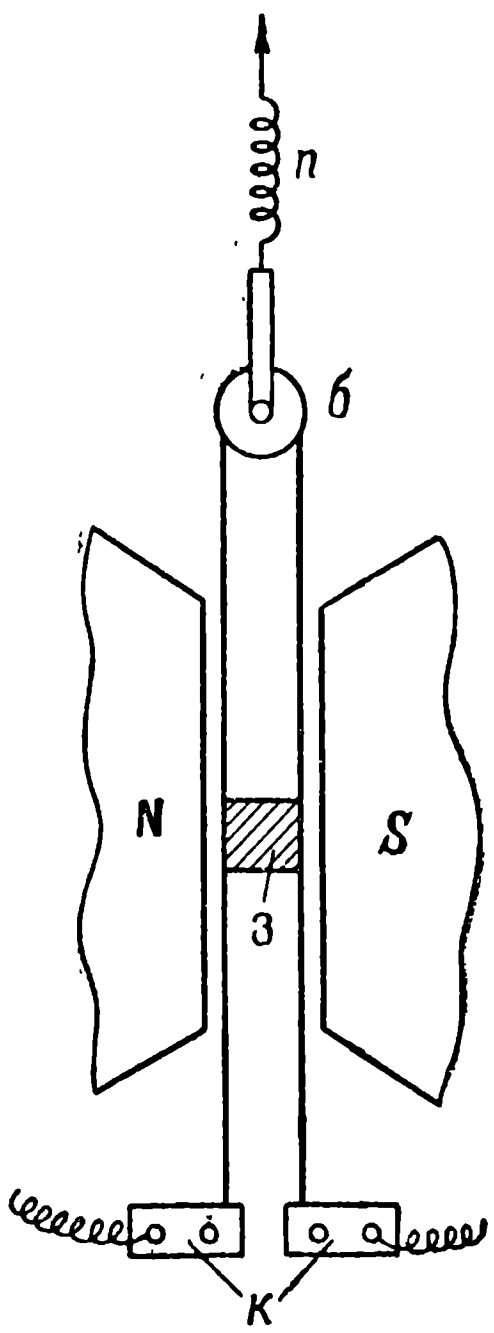


Рис. 75. Схема шлейфа

Металлический проводник в виде петли заключен в латунный корпус и посредством блока *б* с пружиной *n* укрепляется в верхней части корпуса. Концы петли укреплены на металлических пластинках *к*, к которым подводится ток от звукоприемника. На петле укреплено небольшое зеркальце *з* размером около 1 *мм*^{2}.

При поступлении тока от звукоприемника петля приходит в движение (обе части ее будут отклоняться в противоположные стороны), а с ней вместе приходит в движение и зеркальце. Если на зеркальце направить пучок света, то оно будет отражать его. Отраженный пучок света падает на движущуюся фотоленту, на которой и фиксируется запись колебаний тока или запись звуковой волны. Такой прибор с фотооптической записью применялся, например, в бывшей германской армии. На рис. 76 дана схема пишущего механизма с фотооптической записью звукометрической станции бывшей германской армии. Из схемы видно, что свет от электрической лампочки через оптическую линзу *1* и щель *2* падает на зеркальце шлейфа. Отразившись от зеркальца, пучок света, пройдя через собирательную линзу *3*, попадает на фотоленту *4*, которая при помощи мотора движется с определенной скоростью так же, как и в приборе с механической записью.

Остальные механизмы, т. е. лентопротяжный механизм, механизм масштаба времени и механизм пуска и остановки, по существу мало чем отличаются от соответствующих механизмов регистрирующих приборов с механической записью.

Сравнивая между собой приборы с механической и с фотооптической записью, надо сказать следующее.

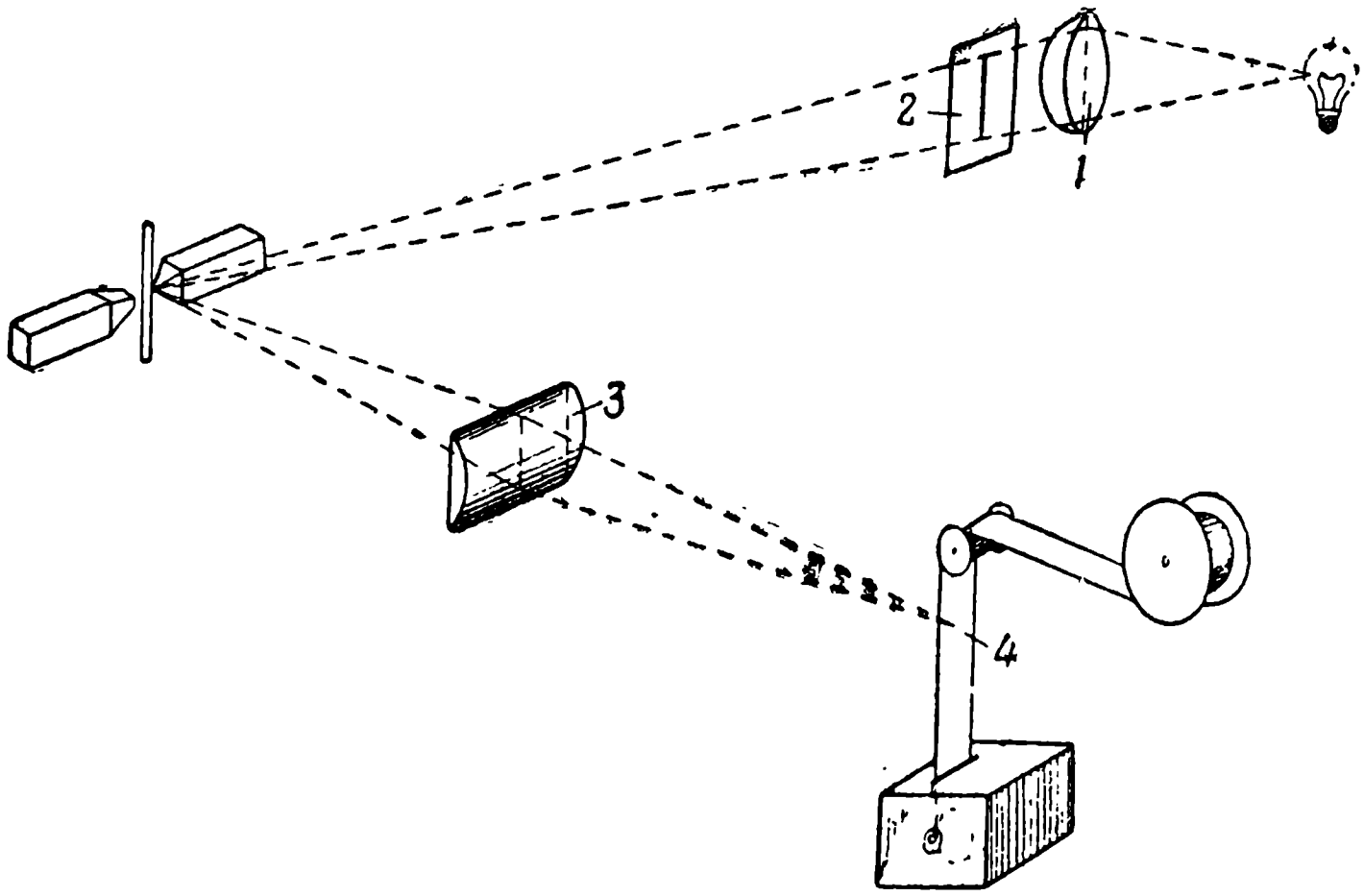


Рис. 76. Схема пишущего механизма с фотооптической записью звукометрической станции бывшей немецкой армии

Приборы с механической записью просты по устройству, дают возможность наблюдать за процессом записей звуков и дешевы в эксплуатации.

Основным недостатком этих приборов является то, что они требуют наличия очень чувствительных звукоприемников.

Приборы с фотооптической записью сложны по устройству, дороги и сложны в эксплуатации, требуют высокочувствительной фотоленты, проявления и закрепления ее, кроме того, не дают возможности наблюдать за процессом записи звуков.

§ 4. РЕГИСТРИРУЮЩИЕ ПРИБОРЫ С МАГНИТНОЙ ЗАПИСЬЮ

В регистрирующих приборах может применяться также и магнитный метод записи. В этом случае носителем (звукометрической лентой) является стальная лента или ферропленка, а пишущей системой — электромагнитная записывающая головка.

Принципиальная схема регистрирующего прибора с магнитной записью приведена на рис. 77.

Лента (ферромагнитный носитель) *1* при помощи лентопротяжного механизма перемещается с постоянной скоростью относительно записывающей электромагнитной головки *2*. Так как обмотка данной головки включена в цепь микрофона звукоприемника, то напряженность магнитного поля в зазоре головки будет изменяться по тому же закону, что и звуковое давление, действующее на мембрану звукоприемника. Если лента была до записи предварительно размагничена, то отдельные ее участки под действием магнитного поля записывающей головки намагнитятся; направление и степень намагничивания при этом определяются силой и направлением магнитного поля, существовавшего в зазоре головки в момент прохождения его данным участком ленты.

Для получения записи на осциллографе имеется воспроизводящая электромагнитная головка *3*. Намагниченная в процессе записи лента, соприкасаясь с сердечником воспроизводящей головки, создает в нем переменный магнитный поток. В результате этого в обмотке головки возникает ЭДС, частота которой при условии, что скорость звуконосителя при воспроизведении будет такой же, как и при записи, равна частоте записанного сигнала.

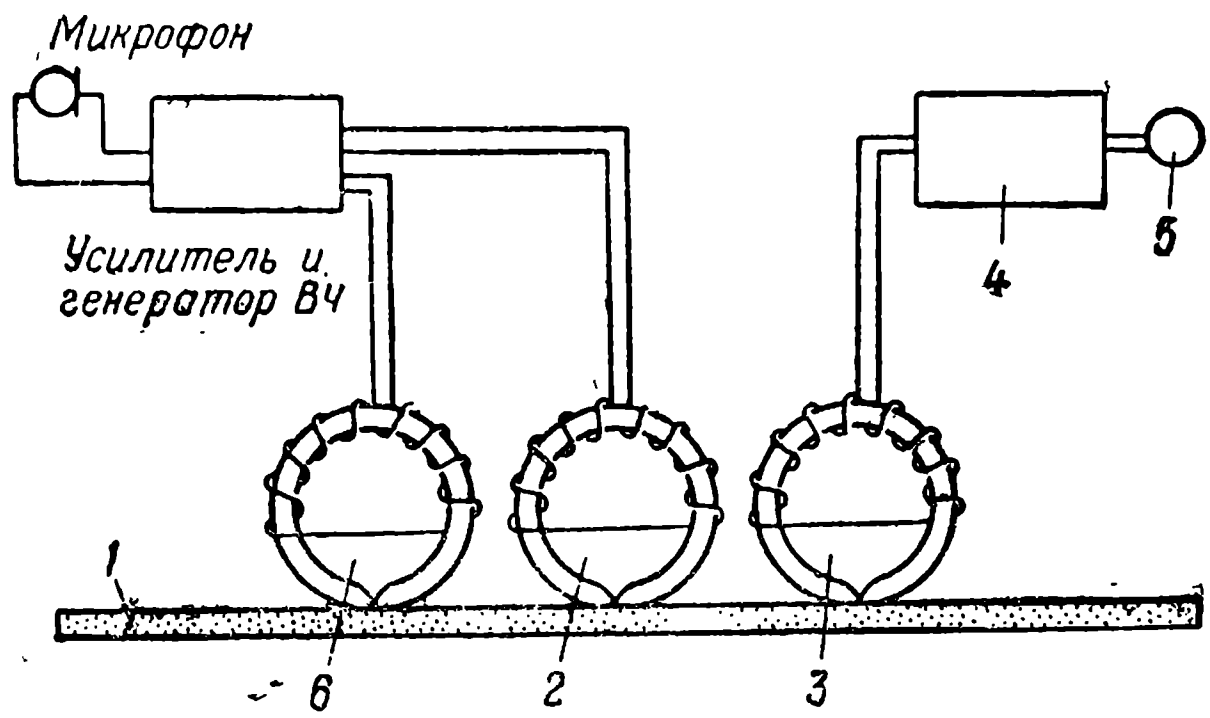


Рис. 77. Принципиальная схема регистрирующего прибора с магнитной записью

Для получения непосредственно видимых результатов записи сигнал от воспроизводящей головки через усилитель *4* подается на катодный осциллограф *5*.

Посредством третьей — стирающей головки *6*, через которую пропускается ток высокой частоты, лента размагничивается, т. е. магнитная запись при желании может быть полностью стерта.

В регистрирующем приборе число пишущих и воспроизводящих головок должно быть равным числу звукоприемников. В зависимости от конструкции пишущего механизма можно иметь одну общую стирающую головку или несколько головок (по числу звуковых постов). Снятие отсчетов производится посредством катодного осциллографа одним из двух рассмотренных ниже способов.

Первый способ по существу не отличается от штатного. На экране осциллографа просматриваются одновременно записи, полученные от двух звукоприемников, составляющих одну акустическую базу. По величине смещения записей по специальному отсчетному устройству снимают величину и знак отсчета.

Второй способ — снятие отсчетов посредством фазового метода. Для снятия отсчета на отклоняющие вертикальные пластины катодного осциллографа подается напряжение от одной из воспроизводящих головок, а на отклоняющие горизонтальные пластины — от другой головки. Если фазы колебаний не совпадают, то на экране осциллографа получается сложная фигура. Для совмещения фаз колебаний перемещают одну из воспроизводящих головок до тех пор, пока на экране не получится изображение прямой линии.

Величина перемещения головки при этом будет пропорциональна разности времени.

Последний способ снятия отсчетов обладает высокой точностью, но для его применения требуется наличие идентичных звукоприемников, находящихся в одинаковых условиях работы, для чего необходимо располагать звукоприемники на незначительном расстоянии один от другого (при этом будут получены короткие акустические базы, не обеспечивающие большой точности при определении направлений на цель).

Положительными сторонами магнитной записи являются:

— высокая скорость регистрации, позволяющая снимать отсчеты с большой точностью;

— возможность многократного использования ленты.

Наряду с достоинствами магнитная запись обладает также и рядом недостатков, основной из которых — отсутствие непосредственно видимой записи, что приводит к усложнению процесса дешифрирования лент.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ IV

1. Что называется звукометрической станцией?
2. Какие приборы относятся к посту звуковой разведки, к центральному пункту и к посту предупреждения станции СЧЗ-6 и СЧЗМ-36?
3. Какие требования предъявляются к звукоприемникам?
4. Как работает звукоприемник с угольным микрофоном?
5. Требования, предъявляемые к регистрирующему прибору.
6. Из каких основных механизмов состоят регистрирующие приборы СЧЗ-6 и СЧЗМ-36?
7. Какие преимущества имеет станция СЧЗ-6 по сравнению со станцией СЧЗМ-36?
8. Какие достоинства и недостатки имеют приборы с механической, фотооптической и магнитной записями?

ГЛАВА V

ОБРАБОТКА ЛЕНТ И ОТСЧЕТОВ

§ 1. СНЯТИЕ ОТСЧЕТОВ С ЛЕНТЫ

В звуковой разведке разность времени τ принято называть «отсчетом».

Определение отсчетов по записям на ленте регистрирующего прибора принято называть «снятием отсчетов».

В боевой обстановке записей на ленте получается много, поэтому, прежде чем приступить к снятию отсчетов, приходится сначала «дешифрировать» ленту, т. е. находить записи, относящиеся к отдельным звуковым волнам.

Дешифрирование ленты и снятие отсчетов принято называть «обработкой ленты».

Снятые с ленты отсчеты группируют в отдельности по целям и для каждой базы определяют средние значения их. Затем, пользуясь средними значениями отсчетов, определяют синусы углов α и вводят соответствующие поправки в них.

Группирование отсчетов, определение средних значений их и определение синусов углов α с учетом соответствующих поправок принято называть «обработкой отсчетов».

Таким образом, обработка лент и отсчетов слагается:

— из дешифрирования лент;

— из снятия отсчетов;

— из группирования отсчетов;

— из определения средних значений отсчетов с каждой базы в отдельности;

— из определения синусов углов α с учетом соответствующих поправок.

В настоящей главе рассмотрен вопрос обработки лент и отсчетов в наиболее простых условиях работы, когда на ленте получаются записи только от одной какой-либо звуковой волны, т. е. когда не требуется производить дешифрирования ленты.

При подходе звуковой волны к звукоприемникам каждый из них будет посылать электрические сигналы на регистрирующий прибор, в результате чего на ленте последнего будут получены соответствующие записи. Например, если в регистрирующий прибор вклю-

чено шесть звукоприемников, то на ленте получатся шесть записей, по одной на линии каждого пера. Так как каждому звукоприемнику соответствует особый номер пера, то нетрудно определить, какая запись принадлежит тому или иному звукоприемнику. Нумерация звукоприемников идет справа налево, а нумерация перьев на ленте — снизу вверх (рис. 78). Нижние шесть записей относятся к перьям звукоприемников, а седьмая запись к перу камертонного механизма. Каждая пара звукоприемников образует акустическую базу. При наличии шести звукоприемников будем иметь три базы,

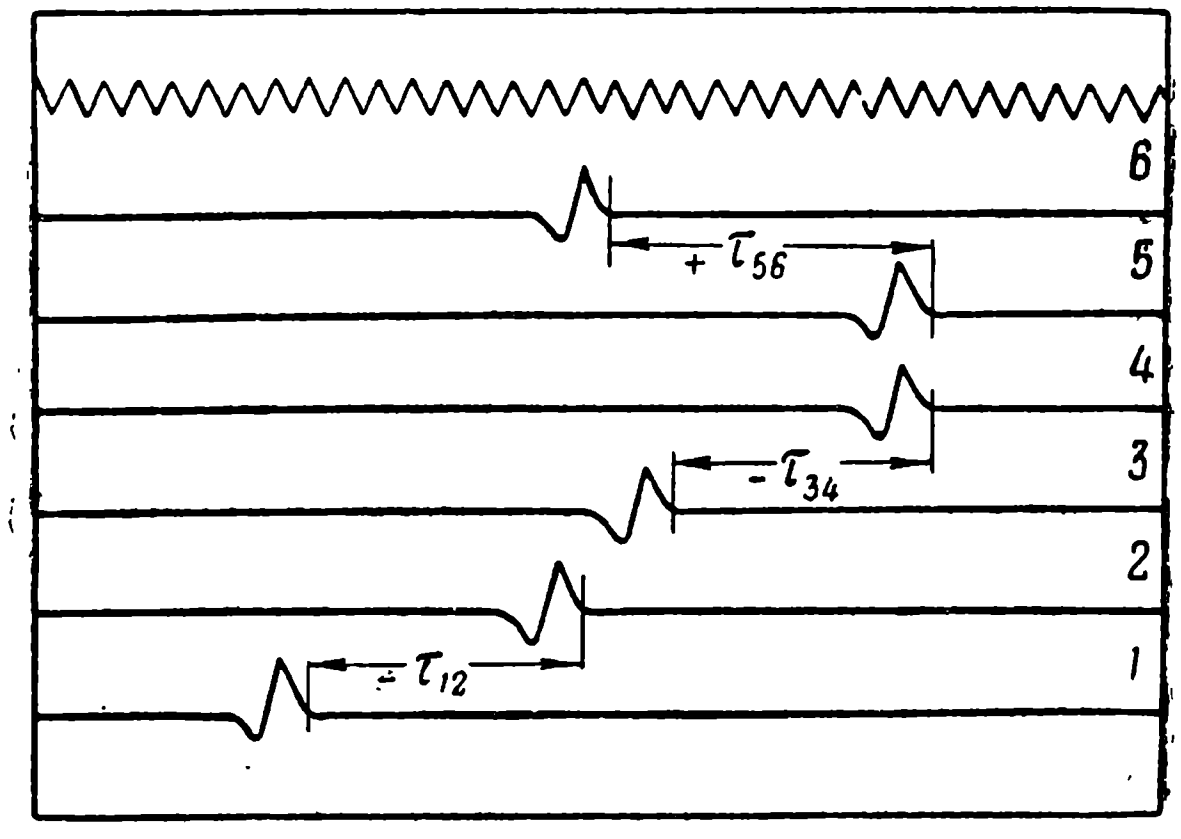


Рис. 78. Отсчеты трех акустических баз, отмеченные соответствующими индексами

образуемые первым — вторым, третьим — четвертым, пятым — шестым звукоприемниками. Базы эти называют **правой, средней и левой.**

Отсчеты обозначаются через τ с соответствующими индексами, представляющими собой номера звукоприемников, образующих данную базу. Для правой базы будем иметь τ_{12}, для средней τ_{34} и для левой τ_{56} (рис. 78). Совершенно очевидно, что база может быть составлена двумя любыми звукоприемниками, например, *4* и *5*; при выбытии из строя, например, второго звукоприемника можно образовать базу первым и третьим звукоприемниками; тогда отсчеты для этих баз будут обозначаться через τ_{45}, τ_{13} и т. д. (рис. 79).

Отсчеты с ленты снимают с точностью до 0,001 секунды и записывают в тысячных долях секунды. Например, при отсчете $\tau = 0{,}256$ секунды записывают просто $\tau = 256$, т. е. нуль впереди не пишут.

При снятии отсчетов следует различать три случая:

1. Лента идет равномерно и с нормальной скоростью.

2. Лента идет равномерно, но со скоростью, отличающейся от нормальной.

3. Лента идет неравномерно.

Наиболее простым из этих случаев является первый. Действительно, если нормальная скорость ленты равна 100 *мм/сек*, то 0,1 *мм* лента пройдет за 0,001 секунды. Измерив каким-либо образом отрезок между началами записей на ленте и получив число десятых долей миллиметра, мы сразу можем сказать, сколько будет тысячных долей секунды. Например, получив отрезок между записями первого и второго пера, равный 56,5 *мм*, будем иметь $\tau = 565$.

Несколько труднее решение задачи во втором случае, т. е. тогда, когда лента идет равномерно, но со скоростью, отличающейся от

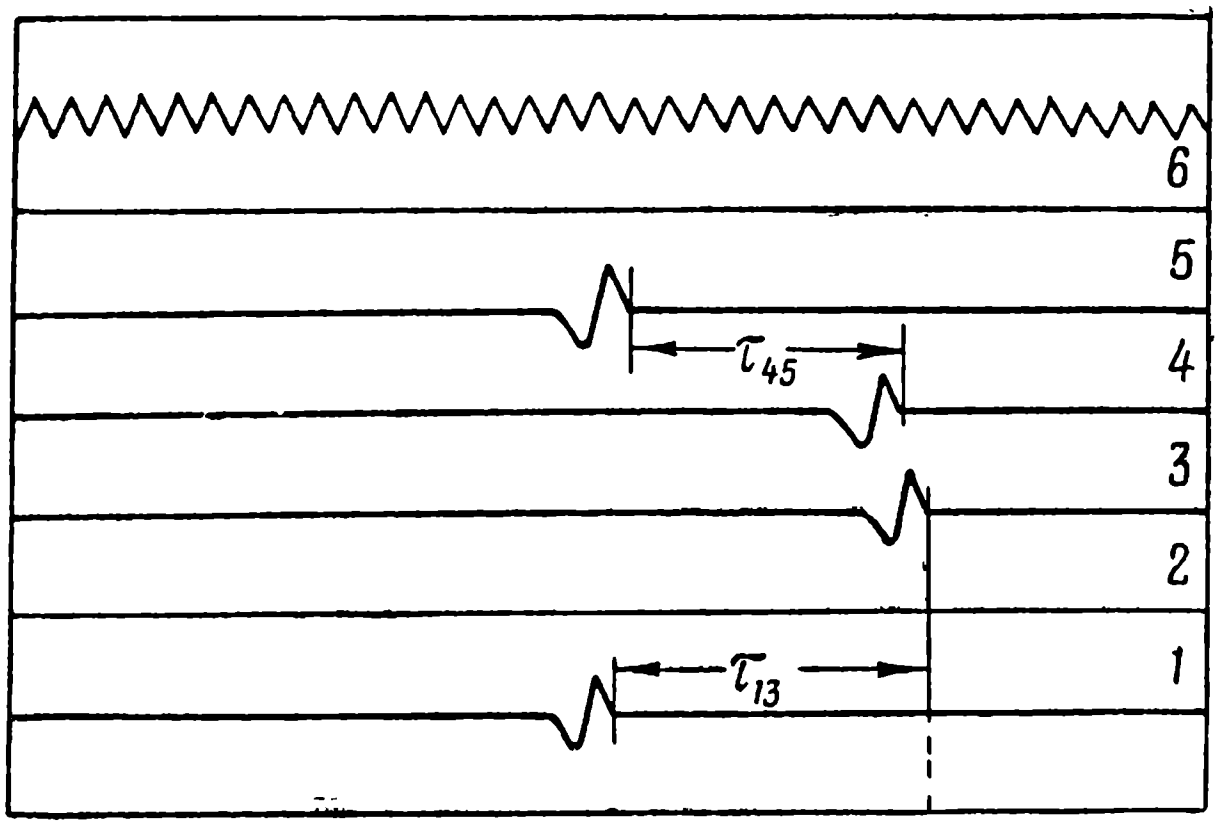


Рис. 79. Отсчеты между первым — третьим, четвертым — пятым звукоприемниками

нормальной, например, вместо того, чтобы идти со скоростью 100 *мм/сек*, лента идет со скоростью 102 *мм/сек*. В этом случае 0,1 *мм* будет соответствовать не 0,001 секунды, а какая-то другая величина. Поэтому полученный отсчет надо будет брать с каким-то коэффициентом или же определять величину его по записи камертона.

Коэффициент K в этом случае определяется по формуле

$$K = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m — нормальная скорость ленты;
V — данная скорость ленты.

Если $m = 100$ *мм/сек*, а $V = 102$ *мм/сек*, $K = \frac{100}{102} = 0{,}98$. Полученную величину отсчета, например $\tau = 400$ тысячным секунды, надо помножить на коэффициент K. Исправленный отсчет будет равен $400 \cdot 0{,}98 = 392$ тысячным секунды.

В обоих этих случаях отсчеты можно определять при помощи обычных линеек с поперечным масштабом, измеряя отрезки между записями с точностью до 0,1 *мм*.

Наконец, в третьем случае, т. е. когда лента идет неравномерно, отсчеты можно снимать, только пользуясь записью пера камертона, о чем будет сказано подробнее несколько ниже.

Из сказанного становится ясным, что скорость ленты должна быть постоянной и строго установленной.

При определении величины отсчетов определяют не только абсолютную величину, но и знак отсчета, как это было указано в главе III. Согласно сказанному в главе III знак отсчета определяется по такому правилу. Если запись правого звукоприемника бу-

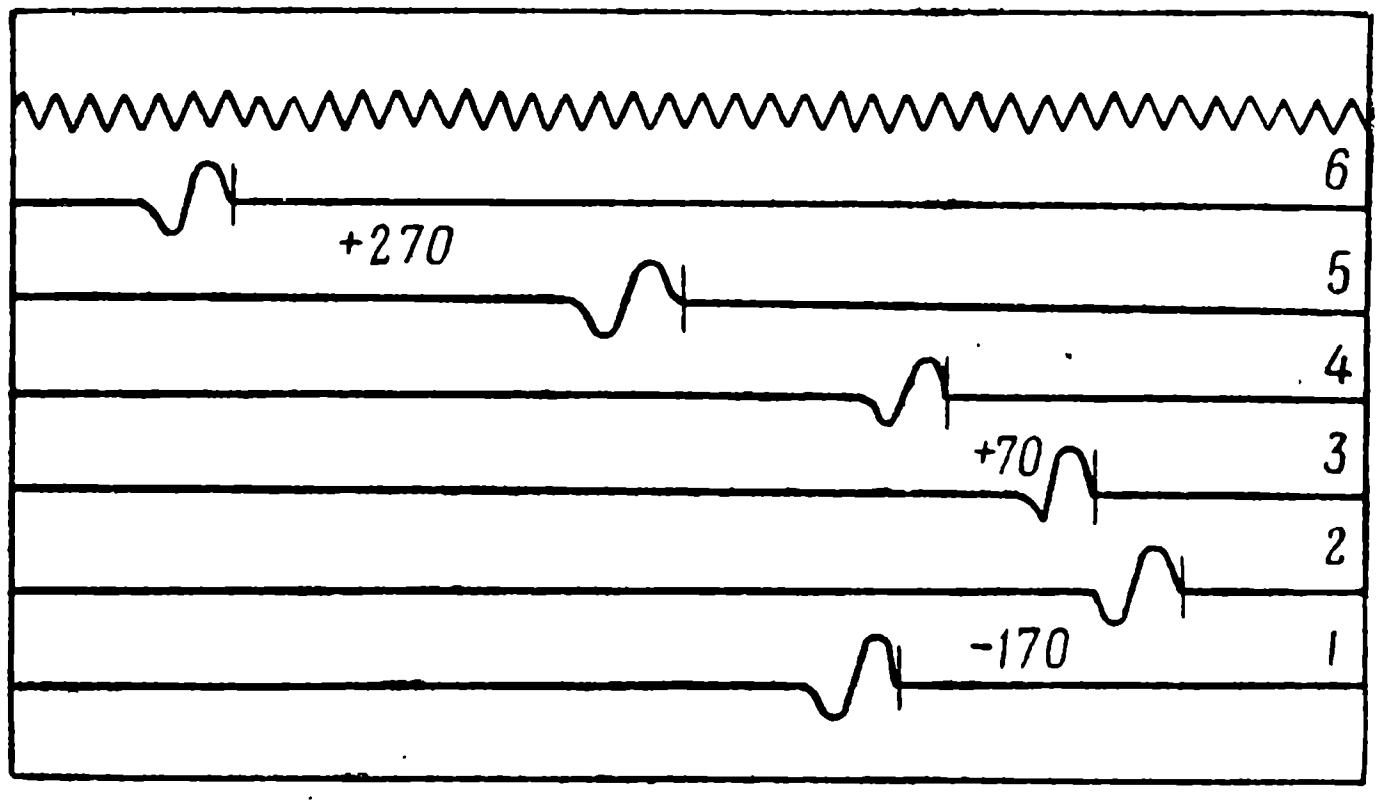


Рис. 80. На ленте записаны величины отсчетов с их знаками

дет впереди записи левого звукоприемника данной акустической базы, то отсчет будет со знаком плюс и, наоборот, если запись левого звукоприемника будет впереди записи правого звукоприемника, отсчет будет со знаком минус. На рис. 78 видно, что τ_{12} и τ_{34} будут со знаком минус, а τ_{56} со знаком плюс.

Величины отсчетов с их знаками записываются на ленте (рис. 80) между записями правого и левого звукоприемников и заносятся в бланк снимающего отсчеты. Форма бланка и порядок ведения его даны в главе VII.

Снятие отсчетов при помощи специальной линейки

В практической работе звуковой разведки отсчеты снимаются при помощи специальной линейки, которую называют **линейкой для снятия отсчетов.** Иногда эту линейку называют по фамилии конструктора «линейкой Чуднова». Линейка сконструирована так, что она дает возможность очень легко отсчитывать десятые доли миллиметра и тем самым получать тысячные доли секунды. Линейка для снятия отсчетов (рис. 81) состоит из следующих частей: основания *1* с зажимами для помещения и закрепления ленты, каретки *2* с циферблатом *3* и рамкой *4*, скользящей по двойному бортику основания линейки, выдвижной линейки *5* с делениями и барашка *6*. Циферблат разделен на 100 делений, которые нанесены в два ряда

и обозначены цифрами. Наружный ряд красных цифр нанесен по ходу часовой стрелки, а внутренний ряд черных цифр — против хода часовой стрелки. Цена одного деления циферблата равна 0,1 *мм*, что соответствует 0,001 секунды.

Циферблат — вращающийся, и его можно поворачивать рукой независимо от стрелки. Нуль циферблата может быть установлен против стрелки при любом ее положении. На выдвижной линейке *5* нанесены сантиметровые деления в два ряда: нумерация делений верхнего ряда (красные деления) идет слева направо, а нижнего ряда (черные) — справа налево.

Одно деление этой линейки, т. е. 1 *см*, соответствует 0,1 секунды. Скорость движения ленты при снятии отсчетов линейкой должна быть нормальной.

Для снятия отсчетов ленту вставляют в линейку и закрепляют ее при помощи зажимов. Затем перемещают каретку до совмещения риски рамки с началом левой записи данной базы. **Началом записи является начало подъема кривой** (на рис. 78 начала записей отмечены черточками). Риску совмещают с началом записи сначала грубо, вручную, а затем точно — барашком. Выдвижную линейку выдвигают вправо до упора ее в каретку циферблата и снова при помощи ба-

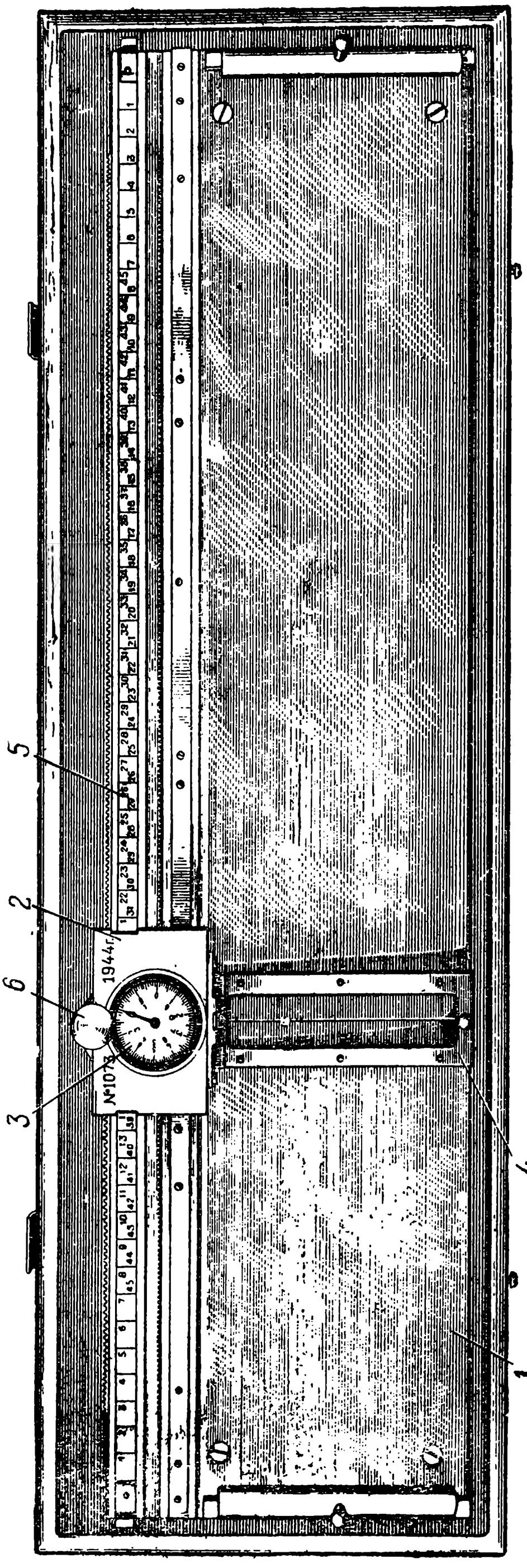


Рис. 81. Линейка для снятия отсчетов

рашка уточняют установку риски. Сам циферблат поворачивают до тех пор, пока нуль не будет подведен под стрелку. После этого перемещают каретку вправо до совмещения риски с началом другой записи данной базы и читают разность времени в тысячных долях секунды. При снятии отсчета слева направо читают только красные цифры; первую цифру (сотни тысячных секунды) — на выдвижной линейке с левой стороны коробки циферблата, остальные две цифры (десятки и единицы тысячных секунды) — на циферблате.

При снятии отсчетов справа налево совмещают риску рамки с началом правой записи данной базы, а выдвижную линейку выдвигают влево до упора ее в каретку циферблата. Дальнейшие действия производят в указанном выше порядке, с той лишь разницей, что читают только черные цифры: первую — на выдвижной линейке с правой стороны коробки циферблата, остальные на самом циферблате. Например, если на выдвижной линейке справа от движка стоит цифра 2, а стрелка циферблата стоит на 73, то это значит, что $\tau = 273$, т. е. 0,273 секунды.

Снятие отсчетов при помощи линейки можно производить и в таком порядке. Устанавливают каретку линейки в крайнем левом положении, а нуль на циферблате устанавливают против стрелки. Выдвижная линейка также должна стоять на нуле, т. е. упор на ее левом конце должен касаться каретки. Ленту вкладывают в линейку так, чтобы начало левой записи данной базы встало против риски рамки, и в этом положении левый конец ленты закрепляют. Затем перемещают каретку линейки до совмещения риски на рамке с началом правой записи данной базы и снимают отсчет. После этого каретку снова перемещают в крайнее левое положение.

При таком снятии отсчетов выдвижная линейка никуда не передвигается и при передвижении каретки в левое крайнее положение нуль на циферблате встает против стрелки.

Так как при работе с линейкой скорость ленты должна быть нормальной, то в процессе работы, и в особенности перед началом работы, необходимо проверить скорость ленты. При выверенном камертоне это делается так. Отмечают на ленте отрезок, равный 200 *мм*. Если на таком отрезке будет ровно 100 зубцов записи камертонного пера, значит лента движется с нормальной скоростью. Если же зубцов будет больше или меньше 100, то лента движется со скоростью, отличающейся от нормальной. В этом случае регулируют скорость ленты или же в снятые отсчеты вводят поправочный коэффициент.

Проверку скорости ленты можно проводить и в таком порядке. Отсчитать 50 зубцов, а затем, измерив длину отрезка в миллиметрах, определить скорость ленты. Например, получив 95 *мм*, можно сказать, что скорость ленты 95 *мм/сек*.

Снятие отсчетов при помощи циркуля-измерителя и линейки с поперечным масштабом

Если специальной линейки нет, то отсчеты снимают при помощи циркуля-измерителя и линейки с поперечным масштабом. Скорость

движения ленты, так же, как и при снятии отсчетов при помощи специальной линейки, должна быть нормальной. Скорость проверяют так, как было указано выше.

При помощи циркуля-измерителя и линейки с поперечным масштабом отсчеты снимают в следующем порядке. Остро заточенным карандашом отмечают начала записей обоих перьев данной базы и через начало записи одного какого-либо пера проводят линию, перпендикулярную к нижнему (верхнему) срезу ленты, до пересечения ее с линией второго пера (см. рис. 79). После этого циркулем-измерителем берут величину отрезка между началами записей одного и другого пера данной базы, по линейке с поперечным масштабом измеряют его с точностью до десятых долей миллиметра и получают величину отсчета в тысячных долях секунды.

При скорости ленты, отличающейся от нормальной, в снятые отсчеты вводят поправочный коэффициент.

Снятие отсчетов по записи пера камертона

Снятие отсчетов по записи пера камертона производится (при выверенном камертоне) в тех случаях, когда лента движется неравномерно. При определении величины отсчета по записи пера камер-

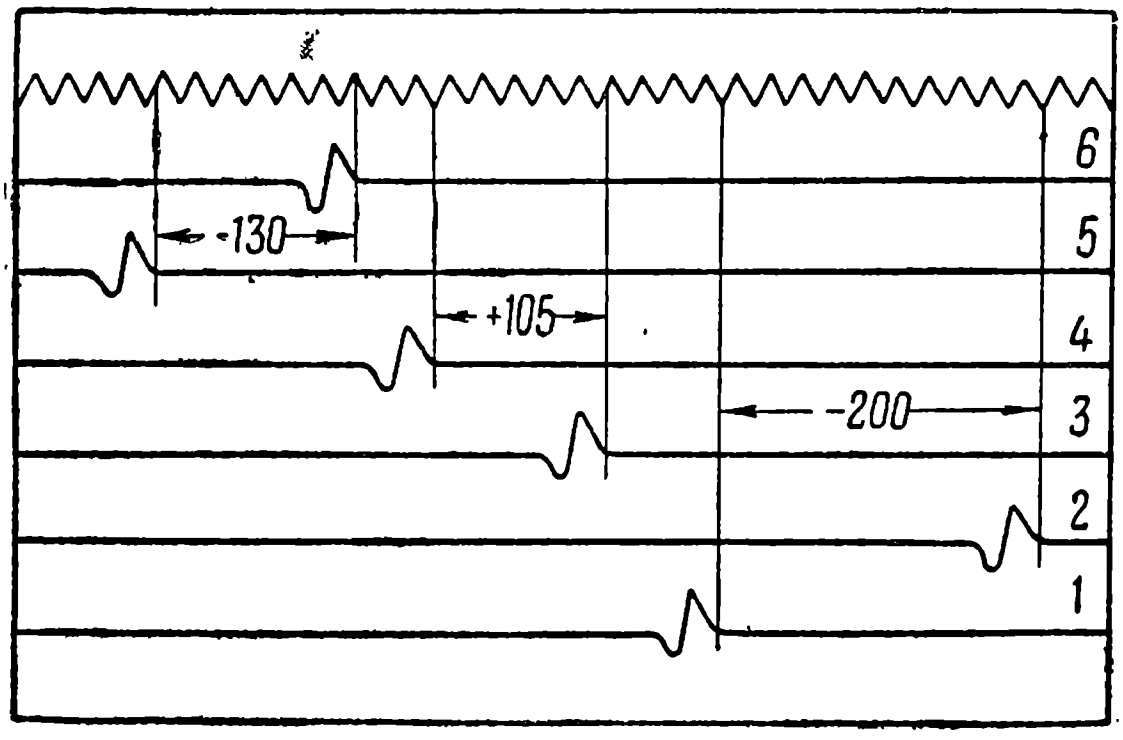


Рис. 82. Снятие отсчетов по зубцам записи камертона

тона проводят через отмеченные начала записей звуковых волн линии, перпендикулярные к нижнему (верхнему) срезу ленты, до пересечения с записью пера камертона (рис. 82). Затем между вертикальными линиями, проведенными через начало записей перьев данной базы, отсчитывают число зубцов записи пера камертона и умножают на 20. Полученное произведение и будет искомым отсчетом, выраженным в тысячных долях секунды.

Число зубцов умножают на 20 потому, что перо камертона совершает одно полное колебание за 20 тысячных секунды. Так, например, между записями первого и второго пера (см. рис. 82) уложилось 10 зубцов. Значит, отсчет равен $10 \cdot 20 = 200$ тысячным се-

кунды. Число зубцов между записями может быть не полным. Остатки определяют на глаз, добавляют к полному числу зубцов и умножают на 20. Согласно этому (см. рис. 82)

$$\tau_{34} = 5\frac{1}{4} \cdot 20 = 105 \text{ и } \tau_{56} = 6\frac{1}{2} \cdot 20 = 130.$$

На снятие отсчетов по записи пера камертона затрачивается много времени, и большой точности не обеспечивается. Вследствие этого таким способом пользуются только тогда, когда лента движется неравномерно.

§ 2. СНЯТИЕ ОТСЧЕТОВ ПРИ ПЛОХИХ НАЧАЛАХ ЗАПИСЕЙ

До сих пор мы рассматривали вопрос снятия отсчетов при наличии записей с хорошо выраженными началами, как это было изображено, например, на рис. 78, 79, 80 и 82. В этих случаях определение начал записей особого труда не представляет. Однако в боевой работе очень часто получаются записи с плохо выраженными началами, например, записи дульной волны на рис. 83. В этих случаях, прежде чем снимать отсчеты, нужно определить начало их. Необходимо помнить, что неправильное определение начал записей приводит к неправильному определению направлений, т. е. к ошибкам в определении координат целей. Например, ошибка в определении начал записей в 1 *мм* влечет за собой ошибку в направлении при $l = 1$ *км*, равную 3 делениям угломера.

Причины плохих записей нами были изложены в главе II. Все они в основном обусловливаются влиянием на распространение звука метеорологических условий, а также рельефа местности, местных предметов и подстилающей поверхности. С целью ознакомления приведем здесь ряд записей дульных и баллистических волн и волн разрывов снарядов, полученных в действительных условиях работы.

На рис. 83 номерами *1—7* обозначены записи дульных волн; номерами *8* и *9* — записи баллистических волн; номерами *10* и *11* — записи дульных волн, слившиеся с записями баллистических; номерами *12* и *13* — записи разрывов снарядов; номером *14* — запись пулеметной очереди при удалении звукоприемника от пулемета на 250 *м*; номером *15* — запись пулеметной очереди при удалении на 450 *м*; номером *16* — запись ветра при скорости 2—3 *м/сек* (при незащищенном звукоприемнике) и номером *17* — запись слабой дульной волны на фоне записи пулеметной очереди.

На рис. 83 видно, что запись *2* имеет большую амплитуду и хорошее начало. Записи *1* и *3* хотя и имеют большие амплитуды, но начала записей выражены неясно. Вероятные начала их отмечены черточкой. Но во избежание грубых ошибок отсчеты лучше снимать по нижним (верхним) пикам. Запись *4* имеет хотя и небольшую амплитуду, но начало выражено вполне удовлетворительно. Записи *5* и *6* с малыми амплитудами и с плохо выраженными началами. Здесь разность времени лучше определять по вершинам (впадинам), указанным стрелками. У записи *7* вначале видны мелкие

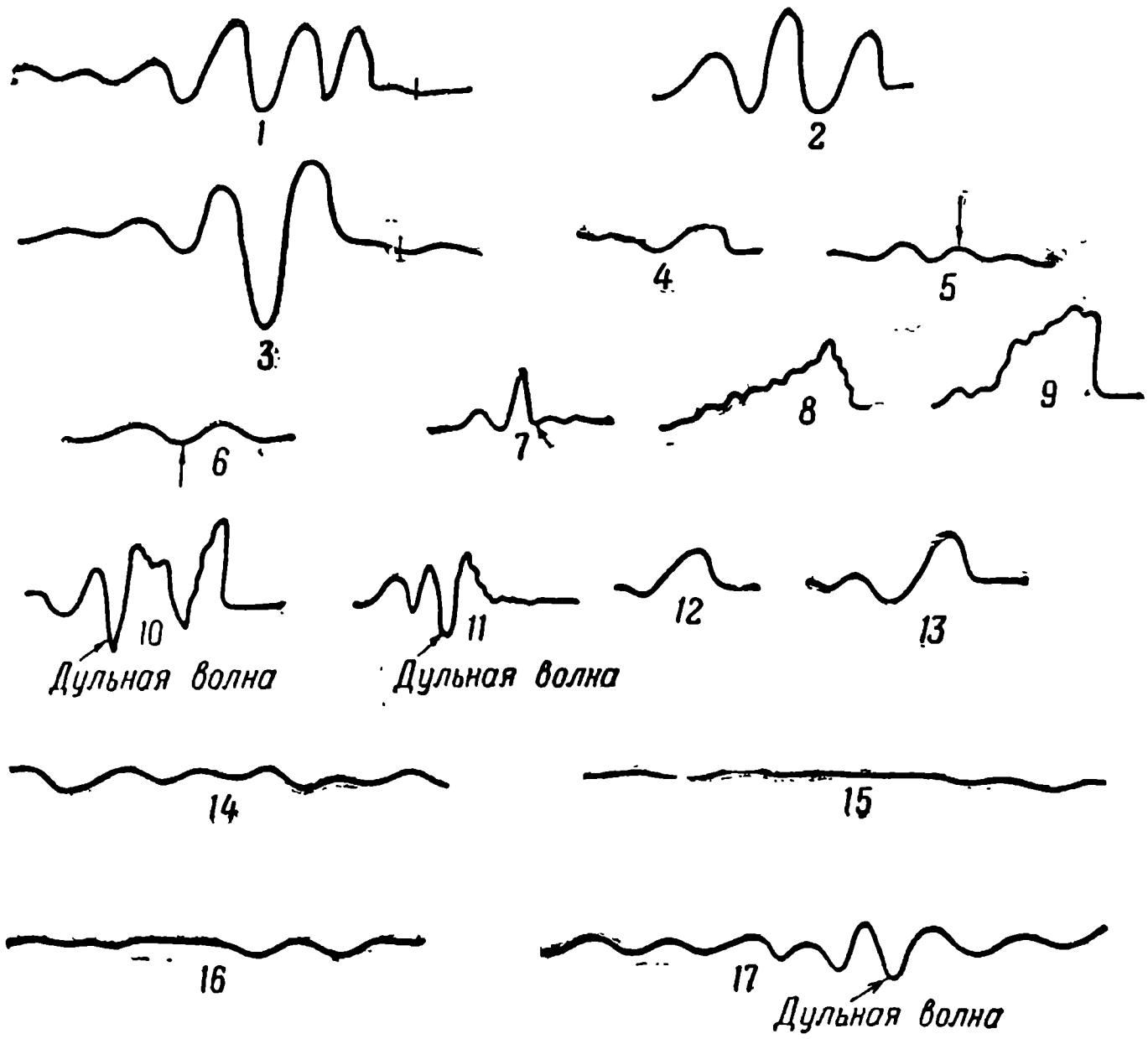


Рис. 83. Записи, получаемые при работе звуковой разведки

зубчики. Начало записи инфраколебаний отмечено стрелкой. Начало записей *10* и *11* отметить невозможно. Для снятия отсчетов надо пользоваться нижними пиками, указанными стрелкой.

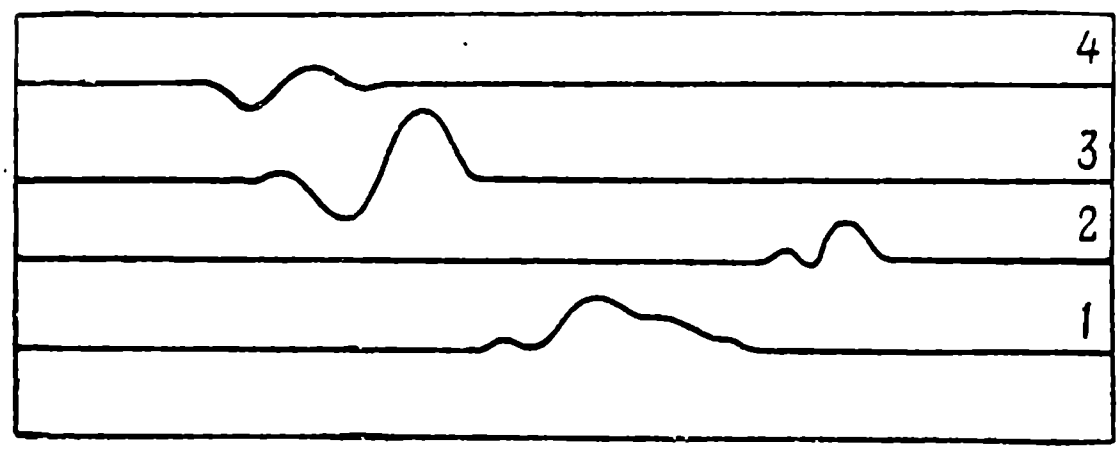


Рис. 84. Записи первого и второго перьев получены при установке звукоприемников в разных условиях слышимости. Записи третьего и четвертого перьев получены при условии, что четвертый звукоприемник был менее чувствителен, чем третий

При расположении звукоприемников в разных условиях слышимости, например, если один звукоприемник базы будет стоять на открытой местности, а другой за каким-либо препятствием, записи их могут получиться совершенно различными, как, например, записи перьев *1* и *2* на рис. 84. Записи могут быть различными и тогда, когда один из звукоприемников базы вследствие каких-либо неисправностей будет менее чувствительным, чем другой. В этом случае

могут получиться записи, как это показано на линии перьев *3* и *4* на рис. 84. В таких случаях сильно затрудняется снятие отсчетов и вносятся дополнительные ошибки.

При плохих условиях слышимости записи вообще получаются с очень малыми амплитудами и плохими началами, как это показано на рис. 85. Записи перьев *2*, *3* и *5* хотя и имеют достаточные

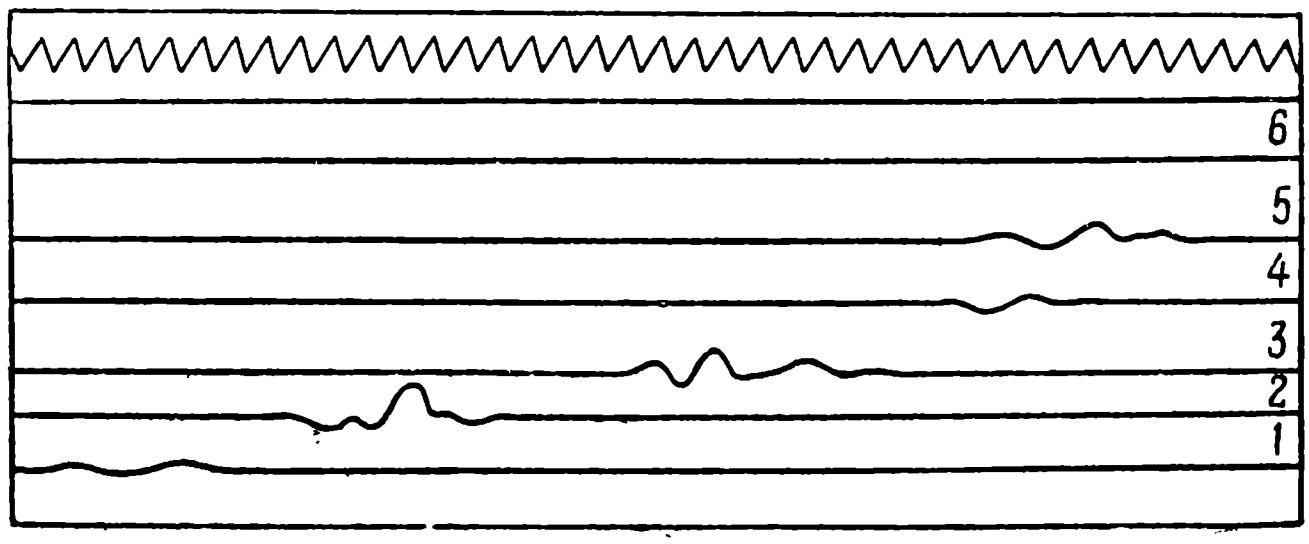


Рис. 85. Записи при плохих условиях слышимости

амплитуды, но начала их выражены не отчетливо. Записи перьев *1* и *4* едва заметны. Запись пера *6* совершенно незаметна. При снятии отсчетов по таким записям можно допустить большие ошибки. Поэтому при снятии отсчетов по записям с плохими началами нужно быть очень внимательным. В этих случаях, как уже указывалось при рассмотрении записей на рис. 83 можно иногда более точно

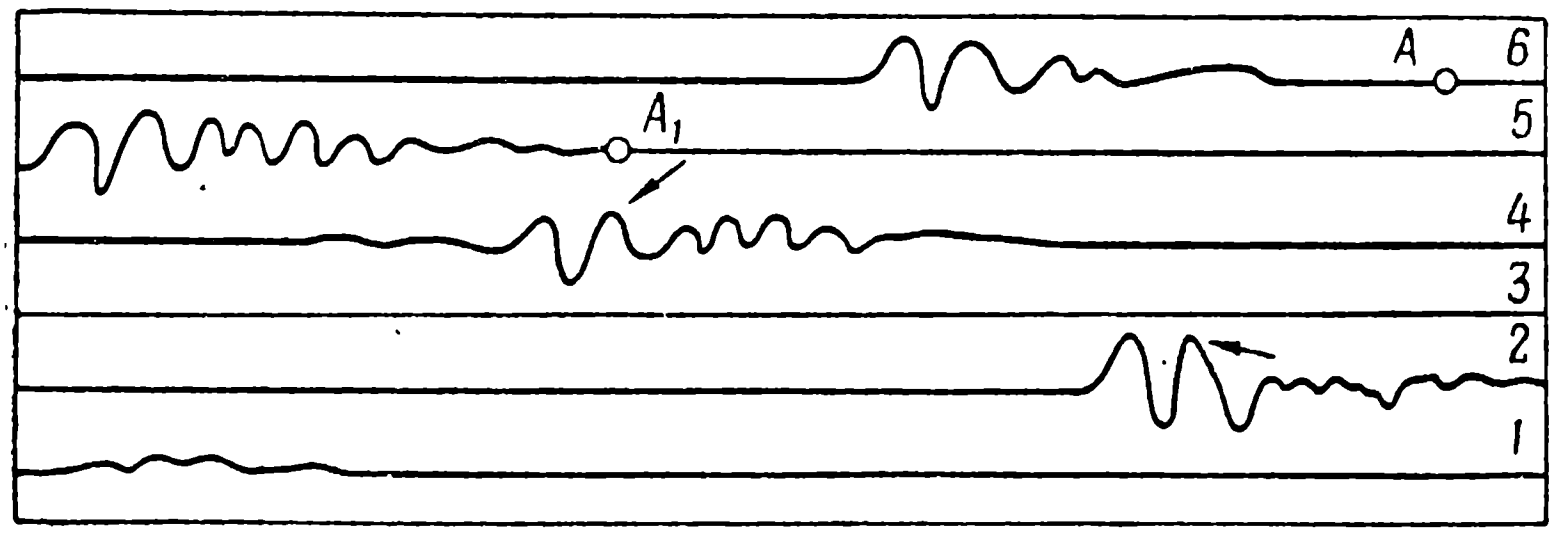


Рис. 86. Определение соответственных точек для снятия отсчетов при плохих началах записей

определить отсчеты не по началам записей, а по каким-либо другим ясно выраженным соответственным точкам. Если, например, посмотреть более внимательно на записи, показанные на рис. 86, то видно, что у записей перьев *2* и *4* хорошо выражены вершины. Поэтому для снятия отсчета можно взять точки на вершинах кривых. Подобным же образом можно снять отсчет и по записям перьев *5* и *6*. Но в этом случае надежнее поступить таким образом. На записи одного какого-либо пера (например, шестого на рис. 86) наколоть произвольную точку — точку *A* и перевести на восковку данную запись с наколотой на ней точкой. Наложить затем восковку на

запись другого пера этой же базы (в нашем случае пятого) и стараться как можно точнее совместить запись на восковке с записью пятого пера. Совместив записи, переколоть точку A на запись пятого пера и получить на ней точку A_1. Теперь отсчеты надо будет снимать между наколотыми точками A и A_1.

Иногда при очень плохих записях вообще нельзя найти соответственных точек. Во избежание грубых ошибок такие записи не обрабатывают и отмечают только район цели, которому соответствует примерно расположение записей на ленте. Иногда перья звукоприемников какой-либо базы записывают кривые вершинами в разные стороны, т. е. запись одного пера идет вначале кверху, а запись другого пера идет вначале книзу (рис. 87). При сличении таких записей это положение надо иметь в виду. Для устранения этого

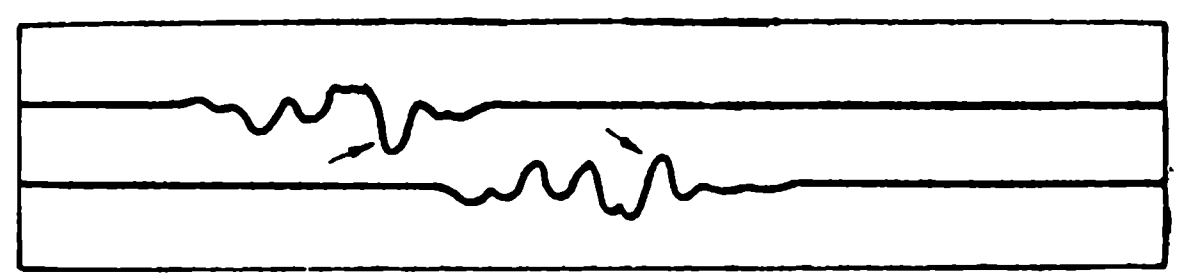


Рис. 87. Записи с первоначальными отклонениями, идущими в противоположные стороны

положения надо линии одного звукового поста данной базы переключить на переходном щитке одну на место другой. Невнимательное отношение к такому роду записей может привести к большим неприятностям. В качестве примера такого рода неприятностей можно привести случай, который произошел в Н-ском ОРАД на Западном фронте в августовской операции 1942 г. Батарея противника после огневого налета вела методический огонь по нашему расположению. По звуку было ясно, что вражеская батарея стоит не далее 6—7 *км,* но с пункта обработки ВЗР передавали, что дальность до нее получается более 12 *км.* А дело было все в том, что записи оказались перевернутыми, начала плохие и пункт обработки не мог найти соответственных точек.

На практике встречаются и такие случаи, когда начало записей одного звукоприемника базы не соответствует моменту подхода волны, а отстает во времени на полпериода или даже на целый период колебания. Ошибка при снятии отсчета будет равна этому периоду, т. е. если частота дульной волны равна, например, 10 *гц,* то ошибка будет 0,100 секунды. Это может произойти, например, вследствие заклинения мембраны бака звукоприемника. В последнем случае мембрана бака после реагирования на какую-либо звуковую волну останавливается не в нейтральном, а в одном из крайних положений. Вверху на рис. 88 даны записи первого и второго перьев с их истинными началами, внизу запись первого пера дана с опозданием на один период. Если взять отсчеты по началам записей нижней части рисунка, то сделаем ошибку порядка 100 тысячных секунды. В этих случаях надо сменить звукоприемник или переменить место звукового поста, или же надо набирать больше

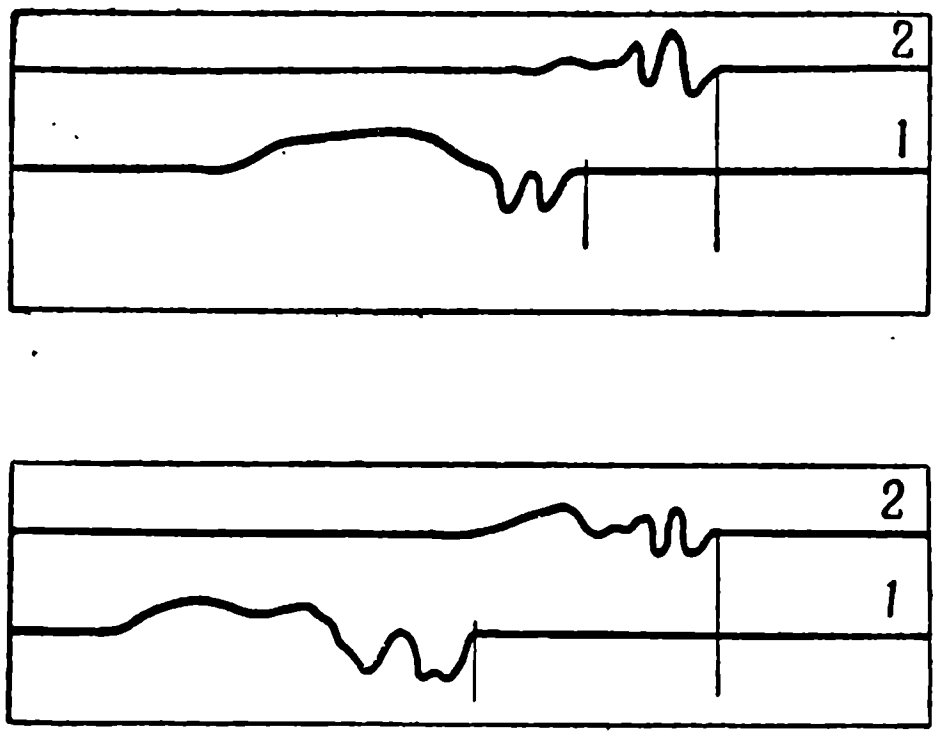


Рис. 88. Вверху записи с истинными началами их, внизу запись первого пера дана с опозданием на один период

отсчетов и, сравнивая их между собой, отбирать действительные.

При хороших условиях слышимости звуковая волна может приходить к звукоприемнику неоднократно (см. рис. 39). В этом случае можем получить записи, как это показано на рис. 89, где на линии перьев *1*, *2*, *3*, *4* и *5* записи начинаются мелкими зубчиками. На записях перьев *1* и *2* хорошо видны начала записей основных колебаний, поэтому в этом случае надо снимать отсчеты по началам записей этих колебаний. У записей перьев *3* и *4* лучше видны начала мелких зубчиков; здесь надо снимать отсчеты по началам этих мелких зубчиков. Запись пера *6* начинается с записи основных колебаний, поэтому между записями перьев *5* и *6* надо снимать отсчеты по записям основных колебаний. На рис. 89 видно, что при наличии мелких зубчиков впереди основных колебаний надо особенно внимательно относиться к выбору начал записей. Во всяком случае всегда надо следить за тем, чтобы на линии обоих перьев одной и той же акустической базы были взяты за начала записей начала основных колебаний или же начала мелких зубчиков. Ни в коем случае нельзя брать на линии одного пера начало записи основного колебания, а на линии другого — начало мелких зубчиков.

При снятии отсчетов большая ошибка может получиться вследствие перепутывания дульных волн с баллистическими, т. е. если на линии одного пера будет принята во внимание дульная волна, а на

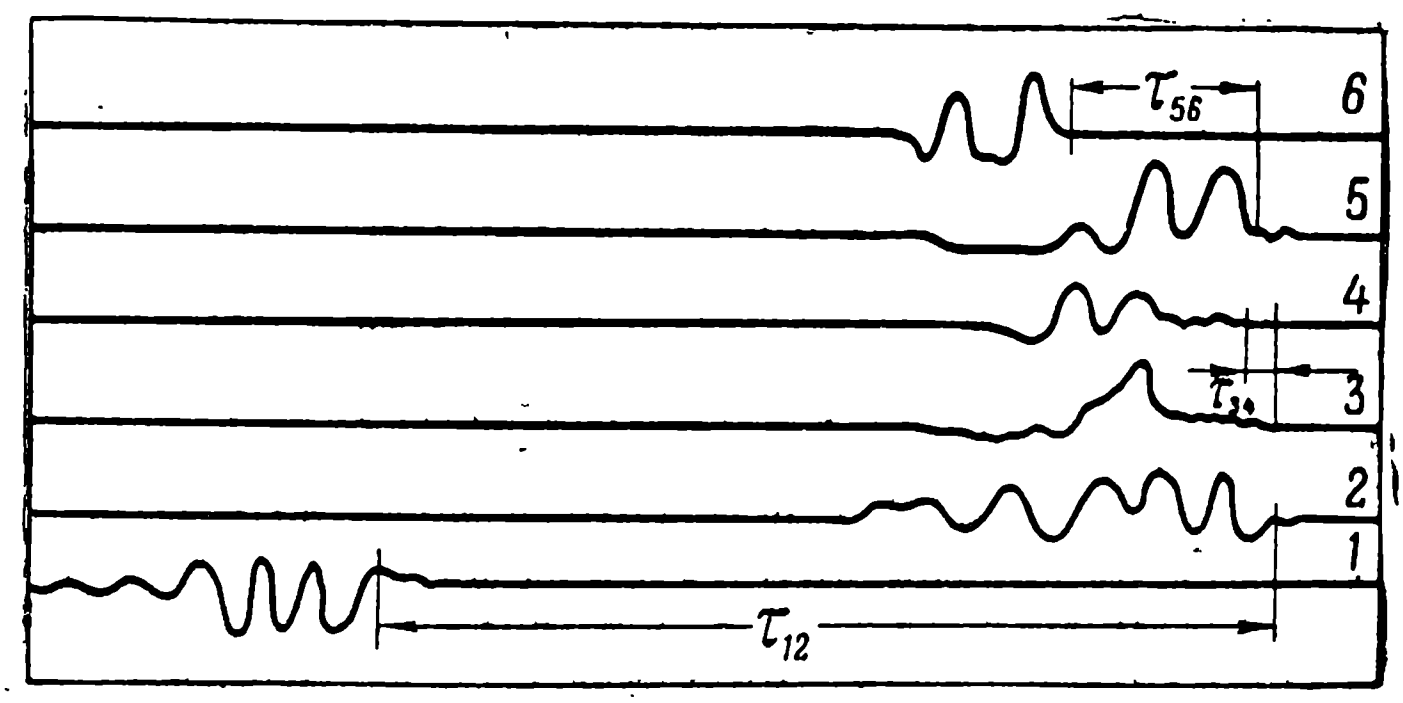


Рис. 89. У кривых первого, второго, третьего, четвертого и пятого перьев впереди выступают записи отраженных волн в виде мелких зубчиков

линии другого — баллистическая. При обучении снятию отсчетов необходимо больше обращать внимание на определение характера дульных и баллистических волн, получаемых в различных метеорологических условиях. В зависимости от атмосферных условий различие в записях этих волн иногда настолько сглаживается, что на первый взгляд ее очень трудно уловить.

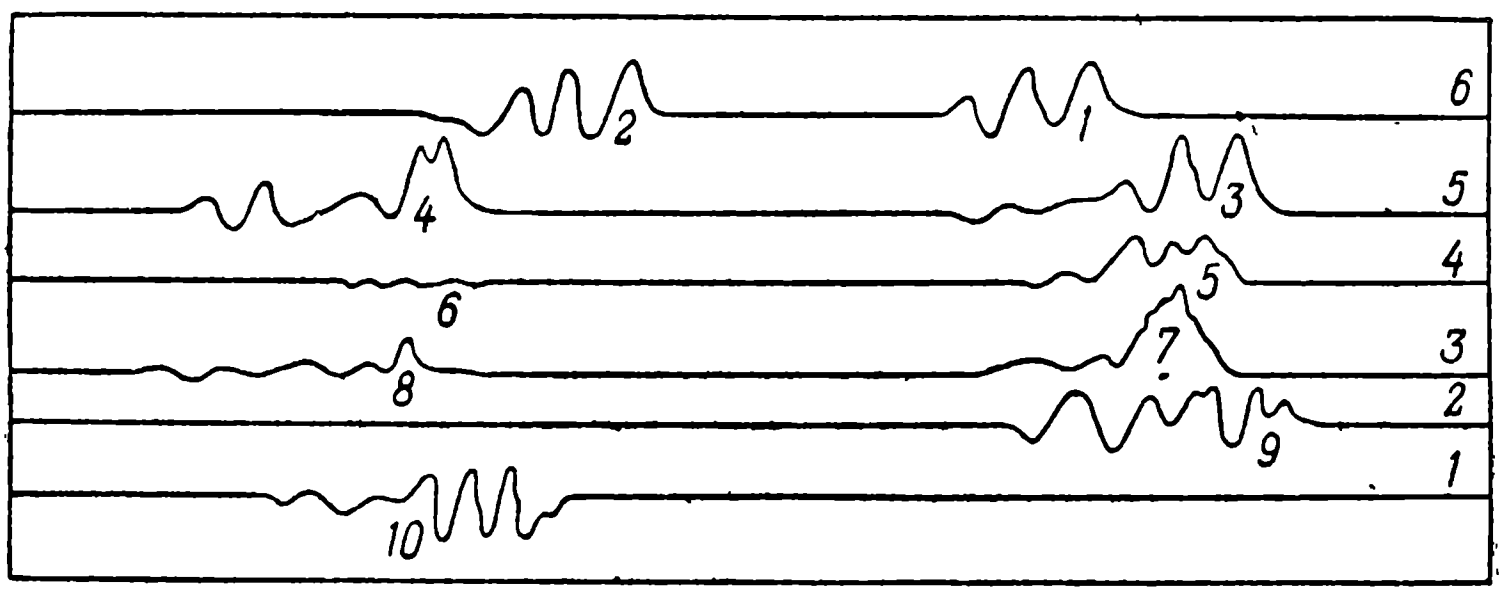


Рис. 90. На линиях второго, пятого и шестого перьев записи баллистических волн, отмеченные цифрами 9, 3 и 1, легко можно принять за дульные

На рис. 90 даны записи одного выстрела. На линиях перьев *3*, *4*, *5* и *6* впереди идут записи баллистических волн. Записи дульной волны на линии пера *2* не получилось. Записи баллистических волн, помеченные цифрами *9, 1* и *3*, очень легко принять за записи дульных волн. Более заметно различие между записями баллистической волны и дульной только на линии пера *3*. В данном случае можно вести обработку только по двум базам *1—3* или *1—5* и *5—6*.

Если при снятии отсчетов последние на линии некоторых перьев будут сняты по записи баллистической волны, то при засечке цели при помощи трех баз треугольник погрешностей будет получаться большим или вообще направления могут не пересекаться, что будет являться некоторым контролем над правильностью снятия отсчетов.

§ 3. ПОПРАВКА НА ПАРАЛЛАКС ПЕРЬЕВ

Передние концы перьев пишущего механизма не всегда находятся на одной вертикальной линии, перпендикулярной верхнему или нижнему срезу ленты, вернее они, как правило, не находятся на одной вертикальной линии. При таком положении могут быть внесены ошибки в измеряемые разности времени. Действительно, при разности времен, равной нулю (цель на директрисе), измеряемый по записям на ленте отсчет τ также должен быть равен нулю; но если передний конец одного пера какой-либо базы будет находиться впереди или сзади пера другой базы (см. перья правой базы на рис. 91), то в этом случае измеряемый отсчет не будет равен нулю, а будет равен какой-то другой величине, отличной от нуля.

Пусть, например (рис. 91), передние концы перьев средней базы (третьего и четвертого звукоприемников) стоят на одной вертикальной линии. Тогда при разности времени, равной нулю, отсчет τ равен нулю; и пусть теперь передний конец первого пера правой базы находится на 1 *мм* впереди второго пера этой же базы, тогда при

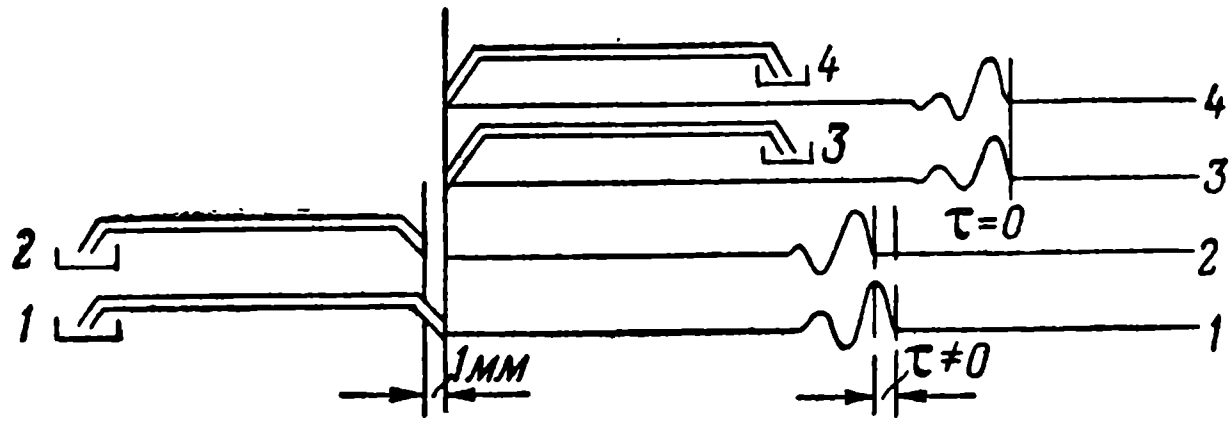


Рис. 91. Концы перьев пишущего механизма не находятся на одной вертикальной линии

разности времени, равной нулю, получим отсчет, не равный нулю, а равный +0,010 секунды, т. е. ошибка в данном случае будет равна +0,010 секунды. Ошибка эта остается постоянной для всех отсчетов. Так, например, при действительной разности времен, равной +0,143 секунды, получим $\tau = +153$ и т. д.

Таким образом, если передний конец какого-либо пера будет смещен по ходу ленты относительно переднего конца другого пера данной базы, то отсчеты будут получаться каждый раз с какой-то ошибкой. Поэтому в измеряемые отсчеты в этих случаях надо будет вносить поправку.

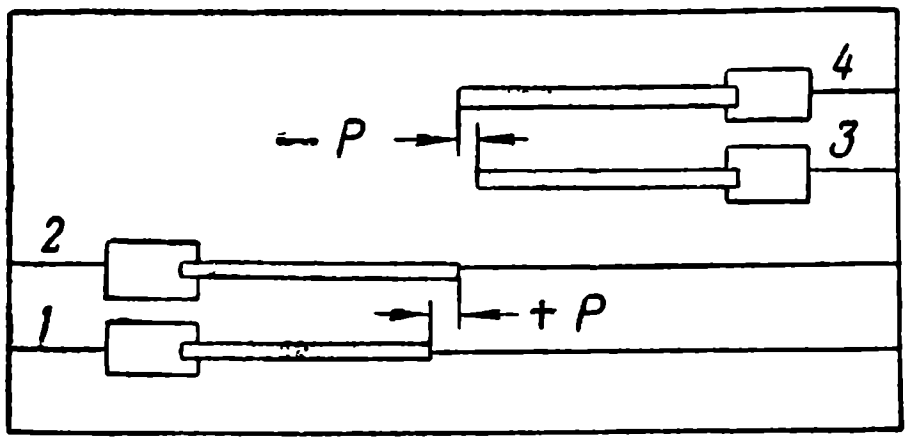


Рис. 92. Определение знака поправки на параллакс перьев

Смещение переднего конца одного пера по ходу ленты относительно переднего конца другого пера данной акустической базы называется **параллаксом перьев.** Следовательно, при наличии параллакса перьев надо в измеренные отсчеты вводить поправку, которую назовем **поправкой на параллакс перьев.**

Поправка на параллакс перьев по своей величине равна параллаксу, но имеет знак, обратный знаку параллакса. **Поправка на параллакс перьев, выраженная в единицах отсчета (в тысячных долях секунды), обозначается буквой** P (рис. 92).

Поправка на параллакс с ее знаком вводится или в отсчет τ или в синус угла α. Отсчет с поправкой на параллакс перьев

$$\tau_P = \tau + P,$$

где τ — отсчет снятый с ленты;

τ_P — отсчет с учетом поправки на параллакс перьев.

Если обе части этого уравнения разделить на базу во времени T, то получим

$$\sin \alpha_P = \sin \alpha + \frac{P}{T}, \qquad (2)$$

где $\sin \alpha_P$ — синус угла α с учетом поправки на параллакс перьев;

$\frac{P}{T}$ — поправка на параллакс перьев в синус угла α

Обозначим эту поправку через $\Delta\tau_P$ и тогда

$$\Delta\tau_P = \frac{P}{T}, \qquad (3)$$

где знак поправки $\Delta\tau_P$ зависит от знака величины P.

Пример. При $P = +0{,}012$ секунды и $T = 3$ секунды $\Delta\tau_P = +0{,}004$ и при $P = -0{,}012$ секунды $\Delta\tau_P = -0{,}004$. Получив $\sin \alpha = +0{,}512$, в первом случае будем иметь $\sin \alpha_P = +0{,}516$ и во втором случае $\sin \alpha_P = +0{,}508$.

Знак параллакса перьев определяется точно так же, как и знак отсчета, т. е. если по ходу ленты передний конец правого пера впереди переднего конца левого пера данной базы, то параллакс будет с плюсом, и если впереди передний конец левого пера данной базы, то параллакс будет с минусом.

Так как поправка на параллакс перьев имеет обратный знак по отношению к параллаксу, то правило знаков для поправки на параллакс будет обратным, а именно: **если по ходу ленты передний конец левого пера будет впереди переднего конца правого пера данной базы, то знак у поправки на параллакс P будет плюс** и, наоборот, если впереди будет передний конец правого пера, то знак у поправки будет минус (на рис. 92 для перьев *1* и *2* поправка с плюсом, а для перьев *3* и *4* поправка с минусом).

Величина поправки на параллакс перьев зависит только от длины перьев и установки их в пишущем механизме регистрирующего прибора, поэтому при данной установке их поправка остается постоянной и может быть определена заблаговременно. Величина параллакса перьев (величина поправки на параллакс) измеряется практически по началам записи на ленте при помощи линейки для снятия отсчетов, а если этой линейки нет, то при помощи циркуля-измерителя и линейки с поперечным масштабом.

Для более точного измерения величины поправки на параллакс перьев на ленте получают четыре группы записей всех перьев при одновременном сдвиге их (рис. 93).

Записи для снятия поправки на параллакс следует получать при нормально движущейся ленте.

Порядок измерения величины поправки на параллакс при помощи линейки для снятия отсчетов остается таким же, как и при снятии отсчетов. Измеряют величины отрезков между началами записей каждой пары перьев, звукоприемники которых составляют акустическую базу, например, между звукоприемниками *1—2*, *3—4* и *5—6*, и по измеренным значениям параллакса каждой базы бе-

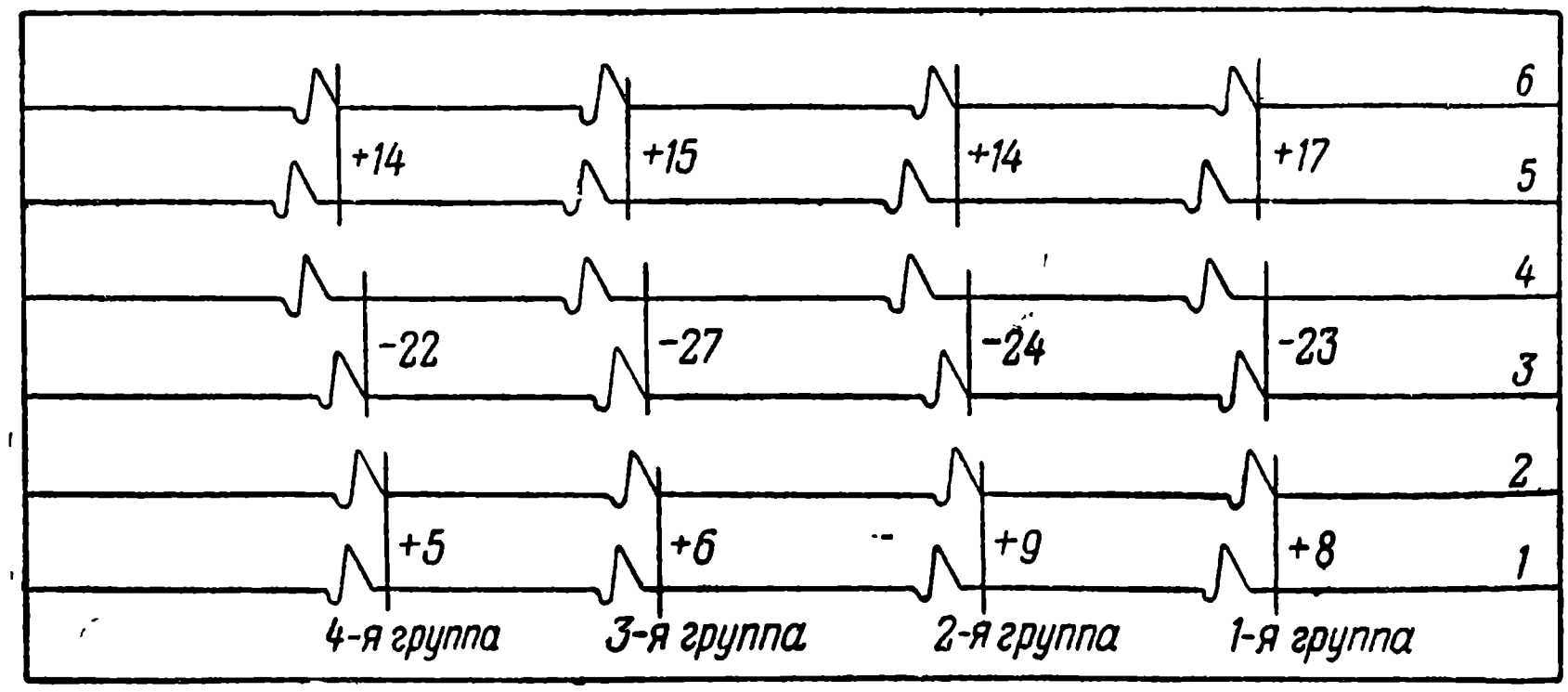


Рис. 93. Четыре группы записей, полученные для определения поправки на параллакс перьев

рут средние значения их. Записи для определения поправки на параллакс получают при помощи специального приспособления, имеющегося на регистрирующем приборе (подобного рода записи можно также получить, если сбоку сильно дунуть на перья при движущейся ленте). В соответствии с указанным выше правилом знаков **поправку на параллакс берут со знаком плюс, если начало записи левого пера данной базы будет впереди начала записи правого пера и, наоборот, поправку на параллакс берут с минусом, если начало записи левого пера будет сзади начала записи правого пера.** На рис. 93 показано четыре группы записей, согласно которым величины поправок на параллакс для правой базы (звукоприемники *1—2*) получились равными: +8, +9, +6, +5, откуда среднее значение $P = +7$; для средней базы —23, —24, —27, —22, откуда $P = -24$ и для левой базы +17, +14, +15, +14, откуда $P = +15$. Для правой и левой баз знак плюс взяли потому, что записи перьев левых звукоприемников этих баз (второго и шестого) стоят впереди записей перьев правых звукоприемников (первого и пятого). На основании указанного выше правила знаков у средней базы поправка на параллакс взята с минусом.

В боевой работе звуковой разведки приходится считаться с тем обстоятельством, что нередко часть звукоприемников выходит из строя. В этих случаях для образования акустических баз спаривают звукоприемники первый с третьим или четвертым, второй с третьим, четвертым или пятым и т. д., поэтому поправку на параллакс перьев приходится определять не только между записями первого и второго перьев, третьего и четвертого и т. д., но и между записями перьев в других сочетаниях. В связи с этим рекомендуется вообще определять поправку на параллакс перьев между записями первого (основного) пера и остальными пятью перьями. Величины поправок на параллакс, снимаемые по каждой группе записей (рис. 94), лучше записывать в табличку, по которой и определяются средние значения их.

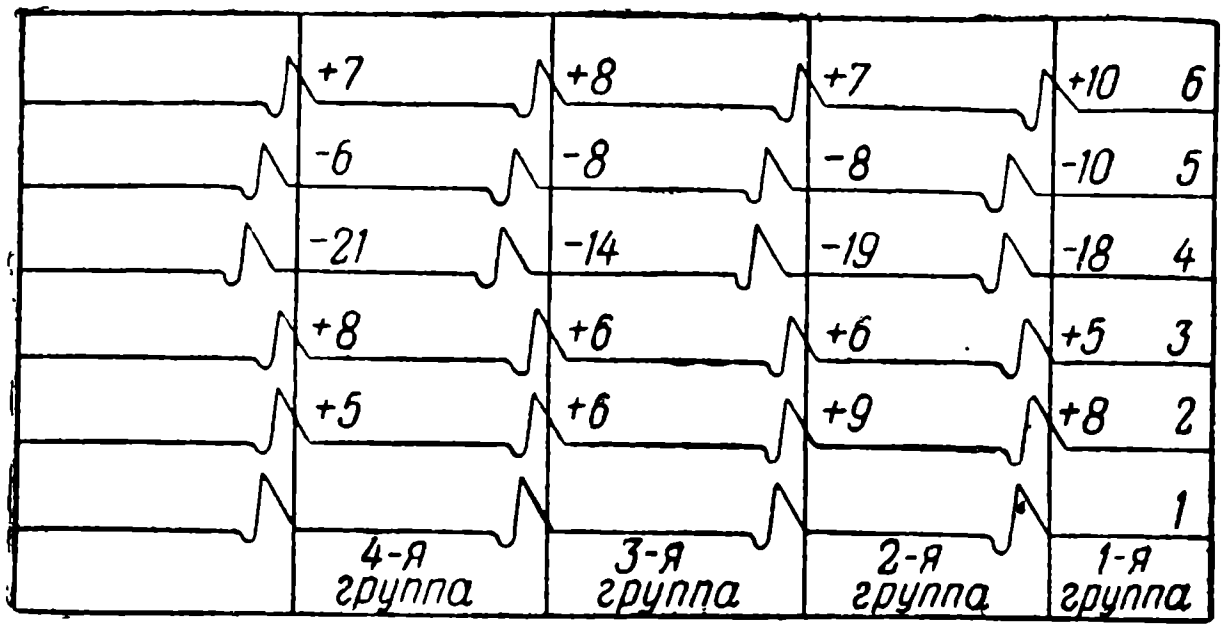


Рис. 94. Определение поправки на параллакс перьев по отношению к записи пера первого звукоприемника

Ниже приводится табличка для определения поправки на параллакс перьев, полученная согласно рис. 94. Поправка дана в тысячных секунды.

№ пера / № группы	1	2	3	4	5	6
1	0	+8	+5	—18	—10	+10
2	0	+9	+6	—19	—8	+7
3	0	+6	+6	—14	—8	+8
4	0	+5	+8	—21	—6	+7
$\sum P$	0	+28	+25	—72	—32	+32
$P_{ср}$	0	+7	+6	—18	—8	+8

При расчете поправки на параллакс перьев по этой табличке правило знаков для поправки остается прежним, т. е. если запись какого-либо пера стоит впереди записи первого пера, то поправку берут с плюсом, и наоборот. Чтобы определить поправку между перьями любой пары звукоприемников, достаточно из величины $P_{ср}$ левого звукоприемника базы вычесть величину $P_{ср}$ правого звукоприемника, при этом величины $P_{ср}$ надо брать с их знаками. Например, поправка на параллакс между перьями второго и третьего звукоприемников будет $P_{23} = +6 - (+7) = -1$ и далее $-P_{34} = -18 - (+6) = -24$, $P_{35} = -8 - (+6) = -14$ и т. д.

При снятии поправки на параллакс перьев при помощи циркуля-измерителя и линейки с поперечным масштабом отмечают острым карандашом начала записей и так же, как и при помощи линейки для снятия отсчетов, снимают величины поправки между записями каждой базы, т. е. между записями первого и второго перьев, третьего и четвертого и т. д., или же между записью первого пера и всеми остальными.

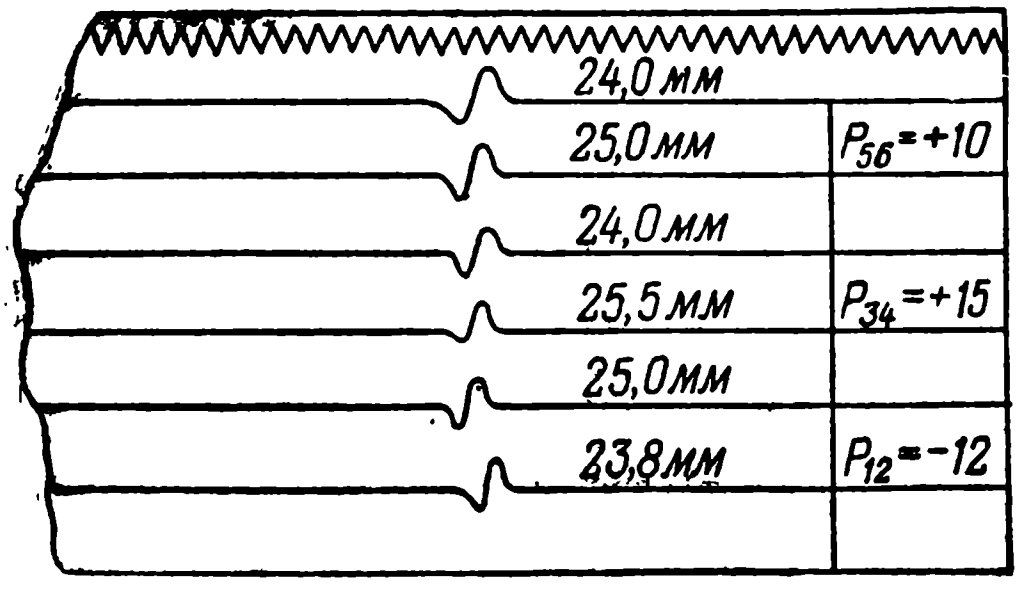


Рис. 95. Определение поправки на параллакс перьев при помощи циркуля-измерителя и поперечного масштаба

Так как величина поправки на параллакс бывает порядка 1—2 *мм*, а в некоторых случаях и меньше, то такие небольшие отрезки с достаточной точностью циркулем-измерителем брать трудно, поэтому впереди каждого ряда записей проводят вертикальные линии (рис. 95), приблизительно в 20 *мм* от начала записи первого пера.

Циркулем-измерителем берут отрезки от вертикальной линии до начала каждой записи и откладывают их по линейке с поперечным масштабом с точностью до 0,1 *мм*. Для каждой акустической базы определяют поправку на параллакс перьев, для чего из величин отрезков правых звукоприемников баз вычитают величины отрезков левых звукоприемников. Полученные остатки с их знаками умножают на 10. Это и будет поправка на параллакс для данных баз, выраженная в тысячных долях секунды.

§ 4. ЗАДАЧА ОБРАБОТКИ ОТСЧЕТОВ

Задача обработки отсчетов заключается в расчете истинного угла α, определяющего направление на источник звука (на цель), или в расчете синуса этого угла. При работе на равнинной местности истинным углом α называют угол α с внесенными в него поправками на параллакс перьев, на ветер и на удаление. Подобно этому истинным синусом угла α называют синус угла α с внесенными в него поправками на параллакс перьев, на ветер и на удаление. Истинный угол обозначается α с нулем внизу и определяется по формуле

$$\alpha_0 = \alpha + \Delta\alpha_P + \Delta\alpha_W + \Delta\alpha_\eta. \qquad (4)$$

Синус угла α_0 будет определяться по формуле

$$\sin\alpha_0 = \sin\alpha + \Delta\tau_P + \Delta\tau_W + \Delta\tau_\eta. \qquad (5)$$

Подобно этому истинный отсчет будет

$$\tau_0 = \tau + P + \Delta\tau'_W + \Delta\tau'_\eta, \qquad (6)$$

где $\Delta\tau'_W$ и $\Delta\tau'_\eta$ — поправки на ветер и удаление в отсчет τ.

При работе в горной местности истинным углом будет называться угол α_0 с учетом поправки на превышение, обозначаемый через α_{0h}:

$$\alpha_{0h} = \alpha_0 + \Delta\alpha_h. \qquad (7)$$

Подобно этому

$$\sin \alpha_{0h} = \sin \alpha_0 + \Delta\tau_h \qquad (8)$$

и

$$\tau_{0h} = \tau_0 + \Delta\tau'_h. \qquad (9)$$

В практике работы подразделений звуковой разведки **принят способ построения направлений на цель по синусу угла.** При работе по этому способу величину синуса угла α и поправку на параллакс можно определять простым делением τ и P на базу во времени T. Но для такого определения требуется много времени. Поэтому в практической работе величину синуса угла α и поправку на параллакс определяют при помощи специальной счетной звукометрической линейки. Поправки на ветер, на удаление и на превышение цели (на наклон баз и угол места) определяют по заранее рассчитанным таблицам или по графикам (номограммам).

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИНУСА УГЛА α И ПОПРАВКИ НА ПАРАЛЛАКС ПЕРЬЕВ ПРИ ПОМОЩИ СЧЕТНОЙ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКОЙ ЛИНЕЙКИ

Счетная звукометрическая линейка (рис. 96) состоит из основания *1*, движка *2* и визира. На рис. 96 визир не показан. На основании линейки нанесены четыре логарифмические шкалы: две на одной стороне (нижняя часть рис. 96) и две на другой (верхняя часть рис. 96). На движке нанесены три шкалы, из которых одна на одной стороне и две на другой. Три логарифмические шкалы на основании отмечены слева каждой шкалы значком τ. По этим шкалам берут величины τ в тысячных долях секунды.

На первой шкале основания линейки нанесены логарифмы чисел от 1 до 50; на второй шкале, которая нанесена на обратной стороне основания, нанесены логарифмы чисел от 10 до 500 и на третьей шкале от 100 до 5000. На движке шкалы отмечены значками τ_1; это не что иное, как условное обозначение $\sin \alpha$. На первой шкале движка даны логарифмы величин $\sin \alpha$ в тысячных от 1 до 10, на второй — от 10 до 100 и на третьей — от 100 до 1000. Например, число 561 означает, что $\sin \alpha = 0{,}561$ и т. д.

О четвертой, нижней, шкале, нанесенной на основании линейки, будет сказано ниже. При помощи линейки можно брать величины отсчетов τ от $\tau = 1$ до $\tau = 5000$ и получать $\sin \alpha$ от $\sin \alpha = 1$ (тысячной) до $\sin \alpha = 1000$ (тысячных), т. е. до единицы.

Действия на линейке подразделяются на **подготовительные и рабочие.**

Подготовительные действия — это деление величины акустической базы l на величину скорости звука C, т. е. получение базы во времени

$$T = \frac{l}{C}.$$

Для этого на верхней шкале основания, на которой нанесены деления от 100 до 5000, находят штрих, соответствующий величине

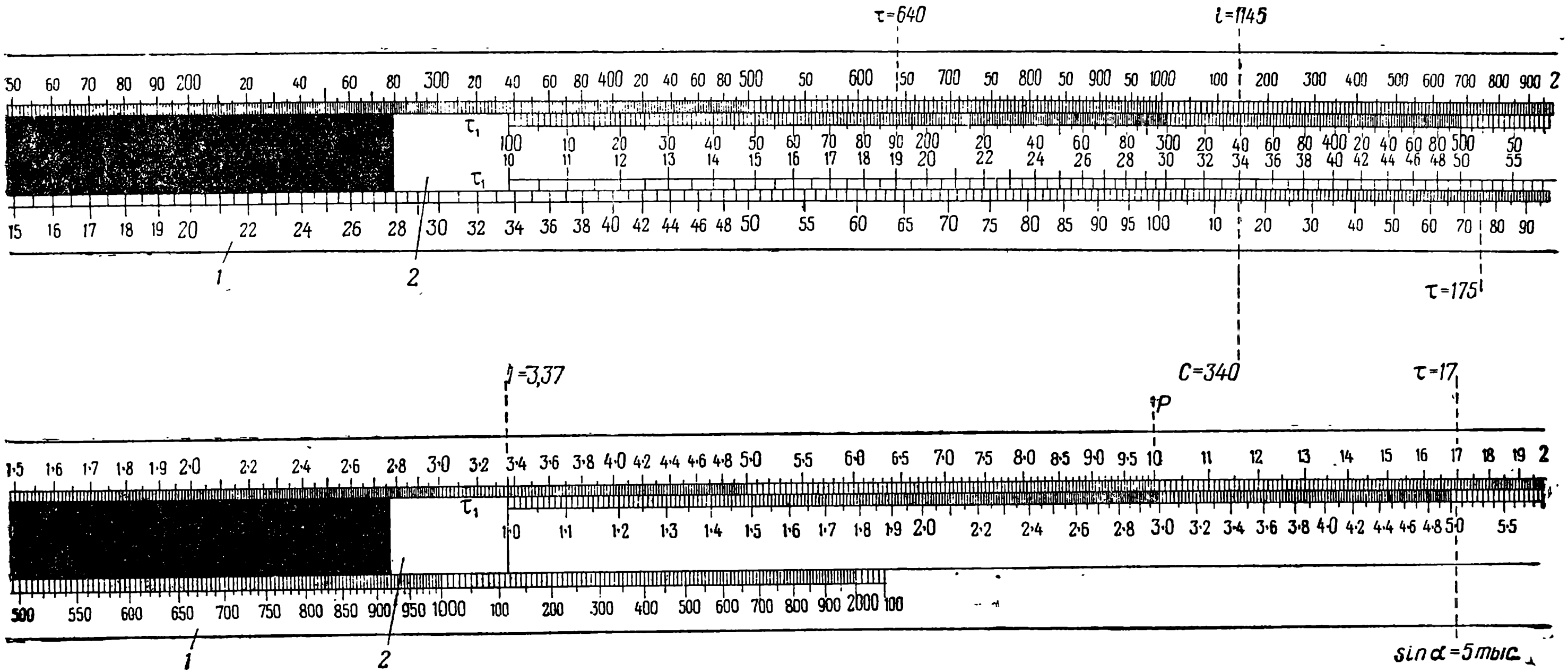


Рис. 96. Счетная звукометрическая линейка

акустической базы l, и подводят под него риску движка, соответствующую скорости звука C. В результате получают величину T. На этом подготовка линейки заканчивается. После этого передвигать движок никуда не следует; в таком положении он остается до тех пор, пока не будет изменена длина базы или скорость звука.

Для установки скорости звука C последнюю берут или по таблице (таблица дана в приложении 1), или по формуле

$$C = 331 + 0{,}6t_v.$$

При работе на линейке для определения $\sin\alpha$ знать величину T необязательно.

Рабочими действиями называются действия по определению $\sin\alpha$ путем деления τ на T. Это производится в следующем порядке. На одной из шкал линейки, отмеченной τ, находят величину отсчета (τ), снятую с ленты, и под (над) ней на шкале движка, отмеченной τ_1, находят $\sin\alpha$.

Приведем примеры на определение $\sin\alpha$ при помощи счетной звукометрической линейки.

Дано: $l = 1145$ *м*, $t_v = +15°$, $\tau = 17$, $\tau = 175$ и $\tau = 640$. Найти $\sin\alpha$.
Решение. Находим по формуле (по таблице) скорость звука C.

$$C = 331 + 0{,}6 \cdot 15 = 340 \text{ м/сек}.$$

Находим на верхней шкале основания штрих, отвечающий $l = 1145$ *м*, и устанавливаем визир так, чтобы правая или левая риска его встала против штриха, соответствующего длине базы $l = 1145$ *м*. Перемещаем теперь движок вправо на столько, чтобы штрих на его шкале, отвечающий числу 340 (скорости звука), встал против штриха 1145 на верхней шкале, отмеченной риской визира. Другими словами, штрих на шкале движка, отвечающий скорости звука, подводим под штрих шкалы на основании линейки, соответствующей длине базы l (см. верхнюю часть рис. 96). Теперь линейка для работы подготовлена и **движок больше никуда перемешать не надо.**

Определяем синус угла α по заданной величине τ. Берем $\tau = 17$. Величину 17 находим на верхней шкале основания, на которой обозначены величины от 1 до 50 (нижняя часть рис. 96). Устанавливаем визир так, чтобы одна из его рисок встала против штриха 17, и по ближней шкале движка считаем величину 5,05. Округляем до целых единиц (до тысячных) и получаем, что $\sin\alpha = 5$ тысячным.

Величину $\tau = 175$ находим на нижней шкале обратной стороны линейки (верхняя часть рис. 96). Устанавливаем риску визира против штриха, соответствующего $\tau = 175$, и вверху по ближней шкале движка находим 52, т. е. $\sin\alpha = 52$ тысячным. При $\tau = 640$ находим штрих, соответствующий $\tau = 640$, на верхней шкале основания и на верхней шкале движка находим $\sin\alpha = 190$ тысячным и т. д. Из примеров мы видим, что определять величину T для определения $\sin\alpha$ нам не понадобилось. В случае надобности эту величину могли бы прочитать на шкале основания линейки с делениями от 1 до 50, по которой против крайней риски левого конца движка могли бы прочитать значение T. В данном случае $T = 3{,}37$ (нижняя часть рис. 96). Действительно, разделив 1145 на 340, получаем 3,37.

На пункте обработки батареи звуковой разведки число счетных линеек должно соответствовать числу баз.

При измерении длины базы, например, при выбытии одного звукоприемника из строя, движок переставляют согласно новому зна-

чению l. Движок переставляют также и при изменении скорости звука в зависимости от температуры. В этом случае движок надо переставлять при изменении температуры на два градуса, что соответствует изменению скорости звука примерно на 1 *м/сек*.

Задача 1. Дано $l = 950$ *м*, $t_v = -10°$, $\tau = 250$, $\tau = 841$ и $\tau = 1\,517$. Найти синусы угла α.

Задача 2. Согласно значениям задачи 1 определить синусы угла α при $t_v = +10°$.

Счетная звукометрическая линейка позволяет работать при базах длиной до 1600 *м*. При более длинных базах на линейке нельзя делить отсчеты обычным порядком. В этих случаях надо длину базы l уменьшить в два раза и получаемый отсчет τ также уменьшить в два раза. Например, получили $l = 2900$ и $t_v = +15°$. Берем $\frac{l}{2} = 1450$ и согласно скорости звука устанавливаем движок. При получении τ, например $\tau = 800$, будем брать $\frac{\tau}{2} = 400$ и получим на линейке $\sin\alpha = 94$ тысячным.

При помощи счетной звукометрической линейки можно определять и поправку на параллакс перьев $\Delta\tau_P$, так как $\Delta\tau_P = \frac{P}{T}$. Для этого при подготовленной для работы линейке (при установленной величине T) надо только найти на шкале основания величину P и по шкале движка прочитать величину поправки $\Delta\tau_P$. Например, при $l = 1145$ *м* и $C = 340$, получив $P = 10$, находим, что $\Delta\tau_P = 2{,}97$ (см. нижнюю часть рис. 96), или, округляя до целых единиц, получаем $\Delta\tau_P = 3$ (тысячным). При $P = 18$ $\Delta\tau_P = 5$ и т. д.

Выше было указано, что на основании счетной звукометрической линейки имеются четыре шкалы, три из них отмечены значком τ и четвертая — $2C$. Четвертая шкала представляет собой логарифмы величин $T_0 = \frac{l}{C_0}$, где C_0 — скорость звука при 0°. Эта шкала была сделана по следующим соображениям. Раньше принято было длину базы l обозначать через $2C$ и синус угла α находить в два приема. Сначала определяли $\sin\alpha_1$ при значении $t_v = 0°$, а затем в величину $\sin\alpha_1$ вводили поправку на температуру. Величину $\sin\alpha_1$ обозначали через τ_1 (поэтому шкалы на движке обозначены значком τ_1). Так как при определении $\sin\alpha$ в два приема увеличивается время обработки и допускаются дополнительные ошибки, то в настоящее время определение синуса в два приема не применяется. Вследствие этого мы не будем останавливаться на этом способе.

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ $\sin\alpha_0$ ($\sin\alpha_{0h}$)

Действия по определению $\sin\alpha_0$ ($\sin\alpha_{0h}$) подразделяются на **подготовительные** и **рабочие**. Подготовительные действия, при выполнении которых пользуются сводным бланком вычислителя, заключаются в определении скорости звука и суммы поправок на параллакс перьев и на ветер.

В сводный бланк (Бланк № 2) [1] вычислителя записывают также длины акустических баз.

При выполнении рабочих действий пользуются бланком обработки отсчетов (Бланк № 5) [1], по которому определяют $\sin \alpha_0$ ($\sin \alpha_{0h}$). Форма бланков показана ниже.

Сводный бланк вычислителя рассчитан для разных комбинаций баз, на случай выхода из строя одного или нескольких звуковых постов. Например, при выбытии второго звукового поста берется база между первым и третьим (1—3) и т. д.

Бланк обработки отсчетов состоит из двух частей. В верхней части определяется средняя величина отсчета с каждой базы, а в нижней — $\sin \alpha_0$ ($\sin \alpha_{0h}$).

Подготовительные и рабочие действия может производить один человек, но для бо́льшей надежности лучше вычисление производить двум вычислителям. Приведем пример [2] на определение $\sin \alpha_0$ с указанием порядка работы и заполнения сводного бланка и бланка обработки отсчетов.

Дано:

База левая	База средняя	База правая
$l = 1062$ *м*	$l = 920$ *м*	$l = 1038$ *м*
$(ОД) = 2\text{-}00$	$(ОД) = 59\text{-}00$	$(ОД) = 58\text{-}00$
$P = +15$	$P = -21$	$P = +7$
$W = 5$ *м/сек*	$W = 5$ *м/сек*	$W = 5$ *м/сек*
$(W) = 26\text{-}00$	$(W) = 26\text{-}00$	$(W) = 26\text{-}00$
$t_v = +22°$	$t_v = +22°$	$t_v = +22°$
$\eta = 7$	$\eta = 6$	$\eta = 7$

Согласно этим данным вычислитель приступает к заполнению сводного бланка:

1) Заносит значения t_v и W в верхнюю часть бланка.

2) Записывает в соответствующие строки значения (W), $(ОД)$, P и l для трех баз (M_1M_2; M_3M_4 и M_5M_6) и при наличии необходимых данных для других баз [3].

3) Определяет по таблице или по формуле $C = 331 + 0{,}6\ t_v$ скорость звука и заносит значение ее в верхнюю часть бланка: $C = 344$ *м/сек*.

4) Определяет углы θ и записывает их под строкой $(ОД)$: $\theta_{12} = 28\text{-}00$; $\theta_{34} = 27\text{-}00$ и $\theta_{56} = 24\text{-}00$.

---

[1] В скобках указана нумерация бланков, принятая в Наставлении артиллерии Советской Армии „Артиллерийская звуковая разведка".

[2] В примере значения W, (W) и t_v приняты одинаковыми для всех баз только для упрощения задачи, но эти значения для всех баз могут быть и не равны между собой, в особенности при работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте.

[3] Относительно определения длины базы l будет сказано в главе VI.

5) По таблице поправок на ветер определяет поправки и заносит их в строку $\Delta\tau_W$: $\Delta\tau_{W_{12}} = +3$; $\Delta\tau_{W_{34}} = +5$ и $\Delta\tau_{W_{56}} = +9$.

6) Берет три счетные звукометрические линейки (по числу баз) и согласно длинам баз l и скорости звука C подготовляет их; подготовленные линейки располагает перед собой так, чтобы было удобнее ими пользоваться.

7) Определяет по линейкам или в уме поправки на параллакс, округляя их до тысячных единицы, и с их знаками заносит в строку $\Delta\tau_P$; знак поправки берет соответственно знаку P: $\Delta\tau_{P_{12}} = +2$; $\Delta\tau_{P_{34}} = -7$; $\Delta\tau_{P_{56}} = +5$.

8) Складывает для каждой базы поправки на ветер и параллакс и сумму их со своим знаком записывает в строку $\Delta\tau_P + \Delta\tau_W$: $(\Delta\tau_P + \Delta\tau_W)_{12} = +5$; $(\Delta\tau_P + \Delta\tau_W)_{34} = -2$; $(\Delta\tau_P + \Delta\tau_W)_{56} = +14$.

На этом работа на сводном бланке заканчивается.

Так как поправки на ветер и параллакс перьев не зависят от величины отсчета, а, следовательно, и от угла α, то они остаются постоянными впредь до изменения значений ветра или параллакса перьев, т. е. впредь до получения нового метеобюллетеня и новых значений параллакса перьев; параллакс перьев определяют каждый раз после установки нового пера.

9) Переписывает сумму поправок $\Delta\tau_P + \Delta\tau_W$ для каждой базы в нижнюю часть бланка обработки отсчетов.

Далее по полученным отсчетам, пользуясь бланком обработки отсчетов, вычислитель рассчитывает синусы углов α_0 (α_{0h}) для соответствующих баз.

Предположим, что с трех баз (M_1M_2; M_3M_4; M_5M_6) получено по четыре отсчета.

(Бланк № 2)

СВОДНЫЙ БЛАНК

$t_v = +22°$ $W = 5$ *м/сек* $C = 344$ *м/сек*

№ по пор.	Акустическая база	M_5M_6	M_3M_4	M_1M_2	M_4M_6	M_4M_5	M_3M_5	M_2M_4	M_2M_3	M_1M_3
1	l	1062	920	1038						
2	(W)	26	26	26						
3	$(ОД)$	2	59	58						
4	θ	24	27	28						
5	P	+15	−21	+7						
6	$\Delta\tau_W$	+9	+5	+3						
7	$\Delta\tau_P$	+5	−7	+2						
8	$\Delta\tau_P + \Delta\tau_W$	+14	−2	+5						

15 июля 1956 г. 10 час. 15 мин. Вычислял *ефрейтор Володин*

1) Вычислитель записывает отсчеты с их знаками в соответствующие столбцы, как это указано в бланке. Проставляет в бланке часы и минуты, а также номера звукоприемников и записывает величины отсчетов для всех баз. Номера звукоприемников озна-

чают, что акустическая база составлена, например, первым и вторым звукоприемниками, третьим и четвертым и т. д. Часы и минуты вычислитель берет из бланка снимающего отсчеты. Взятые часы и минуты означают время получения записи данной цели, т. е. время действия цели. Величины η получает от чертежника.

2) Суммирует отсчеты по каждой базе в отдельности и получает средние значения их: $\tau_{ср_{12}} = -1219$; $\tau_{ср_{34}} = -131$; $\tau_{ср_{56}} = +673$.

3) По счетным звукометрическим линейкам определяет синусы углов α для каждой базы и заносит их со своим знаком в нижнюю часть бланка обработки. Знак $\sin\alpha$ берет согласно знаку отсчетов: $\sin\alpha_{12} = -404$; $\sin\alpha_{34} = -49$ и $\sin\alpha_{56} = +217$.

4) По таблице поправок на удаление определяет величины $\Delta\tau_{\eta}$ и также заносит их со своим знаком в нижнюю часть бланка: $\Delta\tau_{\eta_{12}} = -1$; $\Delta\tau_{\eta_{34}} = 0$ и $\Delta\tau_{\eta_{56}} = 0$.

5) Складывает величины $\sin\alpha$, $\Delta\tau_P + \Delta\tau_W$ и $\Delta\tau_\eta$ в каждом столбце в отдельности и для каждой базы получает величину $\sin\alpha_0$: $\sin\alpha_{0_{56}} = +231$; $\sin\alpha_{0_{34}} = -51$ и $\sin\alpha_{0_{12}} = -400$.

(Бланк № 5)

БЛАНК ОБРАБОТКИ ОТСЧЕТОВ ПО ЦЕЛИ № 102

Часы и минуты	База и номер ЗП	Левая база M_5M_6	Средняя база M_3M_4	Правая база M_1M_2
	I. Отсчеты с ленты			
10.15	1	+670	—128	—1214
10.17	2	+669	—130	—1222
10.18	3	+681	—133	—1220
10.20	4	+672	—133	—1220
	5			
	6			
	$\Sigma =$	+2692	—524	—4876
	$\tau_{ср} =$	+673	—131	—1219
	II. Обработка отсчетов			
	$\sin\alpha = \frac{\tau_{ср}}{T}$	+217	— 49	— 404
	$\Delta\tau_P + \Delta\tau_W$	+ 14	— 2	+ 5
	$\Delta\tau_\eta$	0	0	— 1
	$\sin\alpha_0$	+231	— 51	— 400
	$\Delta\tau_h$	+ 1	— 2	— 3
	$\sin\alpha_{0h}$	+232	— 53	— 403

15 июля 1956 г. Вычислял *ефрейтор Петров*

При сложении все величины берут с их знаками.

По заполнении бланка передают его чертежнику, который согласно величинам $\sin \alpha_0$ с каждой базы проводит на планшете направления на цель и получает координаты ее.

При работе в горных условиях, определив координаты цели по $\sin \alpha_0$, находят по планшету дальности от центров акустических баз до цели и по карте превышения (понижения) цели над звуковыми постами и определяют согласно этим величинам поправки на превышение цели. Предположим, что цель оказалась ниже первого звукового поста на 130 *м* и ниже второго на 250, а дальность от цели до первого звукового поста оказалась равной 7300 *м* и до второго 6900 *м*.

По номограмме для определения Δt находим, что $\Delta t_{\text{п}} = 4$ и $\Delta t_{\text{л}} = 14$; отсюда поправка в отсчет $\Delta \tau'_h = -10$. При $l = 1038$ величина T будет порядка 3 секунд, откуда поправка в синус угла $\Delta \tau_h = -3$. Подобным же образом находят поправки и для других баз. Предположим, что для средней базы $\Delta \tau_h = -2$ и для левой $\Delta \tau_h = +1$. Записывают эти поправки в бланк обработки отсчетов, складывают с величинами $\sin \alpha_0$ и получают величины $\sin \alpha_{0h}$, как это указано в бланке.

Бланки с величинами $\sin \alpha_{0h}$ передают чертежнику, который снова производит построения направлений по величинам $\sin \alpha_{0h}$ и получает в результате более точные координаты цели.

Для расчета поправки на превышение можно пользоваться таким бланком.

БЛАНК
РАСЧЕТА ПОПРАВКИ НА ПРЕВЫШЕНИЕ (ПОНИЖЕНИЕ) ЦЕЛИ

Акустическая база	M_5M_6	M_3M_4	M_1M_2	M_4M_6	M_4M_5	M_3M_5	M_2M_4	M_2M_3	M_1M_3
$\Delta h_{\text{п}}$	200	170	130						
$h_{\text{п}}$	170	200	500						
$h_{\text{ц}}$	370	370	370						
$h_{\text{л}}$	220	130	620						
$\Delta h_{\text{л}}$	150	240	250						
$Д_{\text{п}}$	7500	7200	7300						
$Д_{\text{л}}$	7000	7000	6900						
$\Delta t_{\text{п}}$	9	7	4						
$\Delta t_{\text{л}}$	5	12	14						
$\Delta \tau'_h = \Delta t_{\text{п}} - \Delta t_{\text{л}}$	+ 4	−5	−10						
T	3	3	3						
$\Delta \tau_h = \frac{\Delta \tau'_h}{T}$	+1	−2	−3						

15 июля 1956 г. Вычислял *ефрейтор Сидоров*

Учет поправки на ветер и на параллакс перьев рекомендуется производить расчетным порядком, т. е. путем прибавления к $\sin\alpha$ величин $\Delta\tau_P$ и $\Delta\tau_W$.

Но поправки эти можно учитывать и графически, путем поворота директрисы, как это делается, например, при учете систематической ошибки (см. главу VIII). Но только в данном случае директрису надо повертывать не на величину поправок $\Delta\tau_P$ и $\Delta\tau_W$, а на соответствующие углы, т. е. на углы $\Delta\alpha_P$ и $\Delta\alpha_W$.

Углы $\Delta\alpha_P$ и $\Delta\alpha_W$ определяются так:

$$\Delta\alpha_P = \frac{\Delta\tau_P}{\cos\alpha} \text{ и } \Delta\alpha_W = \frac{\Delta\tau_W}{\cos\alpha}.$$

Пример. При $\alpha = +5\text{-}00$, $\Delta\tau_P = +14$ и $\Delta\tau_W = +35$

$$\Delta\alpha_P = \frac{0{,}014}{0{,}87} \approx 0\text{-}16 \text{ и } \Delta\alpha_W = \frac{0{,}035}{0{,}87} \approx 0\text{-}40.$$

На сумму этих углов и надо поворачивать директрису, т. е. надо поворачивать на угол $\Delta\alpha_P + \Delta\alpha_W = 0\text{-}56$. Далее от вновь построенной директрисы и следует откладывать синус угла α по данной цели, т. е. в нашем случае $\sin\alpha = 0{,}500$. В результате будет построен угол на цель

$$\alpha_{PW} = 5\text{-}00 + 0\text{-}56 = +5\text{-}56.$$

При построении обычным способом получаем

$$\sin\alpha_{PW} = 500 + 14 + 35 = +549.$$

Согласно этой величине $\alpha_{PW} = 5\text{-}55$, следовательно, расхождение равно 0-01.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ V

1. Из чего слагается обработка лент и отсчетов?
2. Что называется отсчетом и в каких единицах выражается величина отсчета?
3. Как определяется знак отсчета?
4. Как устроена линейка для снятия отсчетов?
5. Как снимаются отсчеты при помощи циркуля и линейки с поперечным масштабом?
6. Как и в каких случаях снимаются отсчеты по записи камертона?
7. Как снимаются отсчеты при плохих началах записей?
8. Как снимаются отсчеты при наличии мелких зубчиков впереди записи основных колебаний?
9. Что такое параллакс перьев и поправка на параллакс перьев?
10. Как определяется знак поправки на параллакс перьев P?
11. Чему равна поправка на параллакс перьев в $\sin\alpha$ и чем определяется знак поправки?
12. В чем заключается задача обработки отсчетов?
13. Какие поправки зависят от угла α и какие не зависят от него?

ЗАДАЧИ К ГЛАВЕ V

№ задачи	l	P	$(ОД)$	(W)	W	t_v	h_1	h_2	$h_ц$	$Д_1$	$Д_2$	$Д_{оц}$	Отсчеты
3	898	+ 4	12-00	43-00	5	+25	—	—	—	—	—	9000	—371, —365, —380, —374, —376
4	1110	—11	10-00	51-00	6	— 3	—	—	—	—	—	6500	—1980, —1978, —1990, —1884, —1996
5	1110	—11	10-00	51-00	6	— 3	—	—	—	—	—	7000	+580, +593, +572, +561, +575
6	1012	+10	44-00	58-00	8	+15	—	—	—	—	—	7000	—10, —8, —6, —9, —7
7	1012	+10	44-00	58-00	8	+15	—	—	—	—	—	6000	—80, —75, —94, —83, —82
8	1025	—14	32-00	8-00	6	—14	140	25	265	—	—	7800	—874, —880, —868, —870, —876
9	1025	—14	32-00	8-00	6	—14	140	25	292	—	—	7000	+1200, +1196, +1198, +1202, +1201
10	998	+16	22-00	45-00	7	+15	80	140	10	—	—	9000	+675, +680, +678, +683, +676
11	998	+16	22-00	45-00	7	+15	80	140	280	—	—	8500	—911, —920, —916, —910, —920
12	1231	+10	10-00	9-00	3	+17	150	300	500	7500	7750	—	+700, +690, +690, +695
13	1105	— 7	6-00	45-00	6	+29	200	700	700	6600	6300	—	—810, —815, —815, —805
14	973	— 6	19-00	48-00	5	— 6	170	250	50	8700	9050	—	+1080, +1070, +1075, +1080
15	1050	— 7	9-00	34-00	4	— 9	100	410	250	9000	9100	—	+275, +276, +298, +280

Определить $\sin \alpha_{0h}$

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ ГЛАВЫ V

№ задачи	Ответ	№ задачи	Ответ
1	86, 289, 520	9	+364
2	89, 298, 538	10	+251
3	—145	11	—295
4	—610	12	+199
5	+151	13	—253
6	+ 23	14	+361
7	— 1	15	+ 95
8	—283		

ГЛАВА VI

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ

§ 1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ

Определение координат целей может производиться различными методами: графическим, смешанным и аналитическим (вычислительным).

При графическом методе решения задачи определение координат целей производится путем графического построения на планшете. При смешанном методе работы одна часть задач решается путем вычислений, а другая часть графически. При аналитическом методе работы координаты цели определяются только путем вычислений, без применения каких-либо построений.

Основным методом работы звуковой разведки считается **смешанный метод.** Этот метод довольно прост, достаточно точен и требует небольшого количества времени. Смешанный и аналитический методы применяются в тех случаях, когда привязка звуковых постов производится аналитическим методом на полной топографической основе.

Графический метод работы не обеспечивает такой точности определения координат целей, как смешанный и аналитический, поэтому его применяют только в тех случаях, когда звуковые посты привязаны по карте (фотоснимку) приемами глазомерной съемки.

Аналитический метод работы обеспечивает бóльшую точность, чем смешанный, так как при решении задач этим методом исключаются ошибки в графических построениях. Но вместе с этим аналитический метод требует значительно больше времени, чем смешанный, вследствие чего он не нашел себе широкого применения; его применяют иногда с целью контроля́ и уточнения засеченных смешанным методом целей или при засечке целей на больших дальностях, когда получаются малые углы засечки и графические методы построения дают большие ошибки.

§ 2. ГРАФИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ УГЛОВ ПО ИХ СИНУСАМ

При графическом и смешанном методах работы направления на цель (углы α) строятся непосредственно по синусам углов α.

Этот способ построения направления на цель удобен тем, что при получении величин синусов углов α не требуется переводить их в величины углов α.

Задача может быть решена по формуле $\sin\alpha = \frac{C\tau}{l}$, по формуле $\sin\alpha = \frac{\tau}{T}$ или же по формуле $\sin\alpha = \frac{\frac{\tau}{T}}{1}$.

Решение задачи по формуле $\sin\alpha = \frac{C\tau}{l}$

По данным координатам звуковых постов наносят положение точек их стояния на планшет и строят директрисы акустических баз. Берут в масштабе планшета длину радиуса, равного половине длины акустической базы, и этим радиусом с центром на директрисе строят окружность так, чтобы она касалась базы в точке O (рис. 97). Получив величину τ (τ_0), берут отрезок, равный произведению $C\tau$, и в том же масштабе откладывают его как хорду от точки $Д$ вправо или влево согласно знаку τ. Точку O соединяют с полученной точкой B (с концом хорды) и получают искомое направление OB.

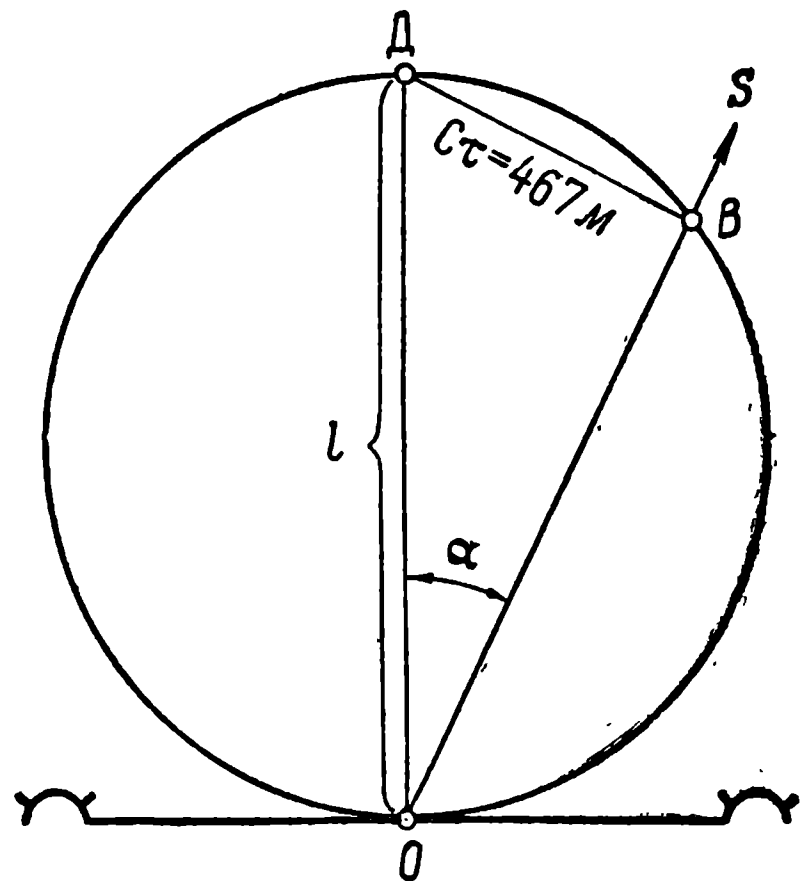


Рис. 97. Определение направления по $C\tau$

Действительно, из геометрии известно, что все углы, опирающиеся на диаметр, являются прямыми углами, поэтому треугольник $ОВД$ прямоугольный. Угол при точке B прямой. Диаметр $ОД = l$ — гипотенуза, а хорда $ДВ = C\tau$ — катет. Отношение $ДВ$ к $ОД$ и будет синусом угла α, т. е.

$$\sin\alpha = \frac{ДВ}{ОД} = \frac{C\tau}{l}.$$

Например, возьмем $C = 333{,}3$ *м/сек*, $\tau = +1{,}4$ секунды, $l = 1000$ *м*; масштаб планшета 1 : 25 000. Строим окружность, радиус которой равен 20 *мм*. Произведение $C\tau$ будет равно $333{,}3 \cdot 1{,}4 = 467$ *м*. Берем отрезок, равный 18,7 *мм*, что в масштабе планшета составляет 467 *м*, и откладываем его вправо как хорду от точки $Д$ (см. рис. 97). Полученную точку B соединяем с точкой O; направление OB будет направлением на цель, так как угол при точке O будет углом α, синус которого равен $\frac{18{,}7}{40} = 0{,}467$.

При таком способе построения направления на цель надо каждый раз отсчет τ умножать на скорость звука C, что несколько

затрудняет процесс определения координат цели. Кроме того, при работе на планшете масштаба 1 : 25 000 и при $l = 1$ *км* диаметр окружности получается равным 4 *см*. При таком диаметре окружность получается небольшая и необходимая точность не обеспечивается. Для увеличения точности надо диаметр увеличить раз в пять, а вместе с этим надо увеличить во столько же раз и произведение $C\tau$; это также является недостатком указанного способа.

Решение задачи по формуле $\sin\alpha = \frac{\tau}{T}$

В данном случае задача решается, как и по формуле $\sin\alpha = \frac{C\tau}{l}$, но только диаметр построительной окружности берут равным величине базы во времени T в соответствующем масштабе. Например, зададимся таким масштабом, при котором 1 секунде будет соответствовать 100 *мм*. При $T = 3$ секунды получим 300 *мм*. Строим окружность с центром на директрисе, радиус которой равен 150 *мм*, и по получении τ (τ_0) в том же масштабе откладываем от точки $Д$ хорду, соответственно равную τ (рис. 98). Например, получив $\tau = 1{,}2$ секунды, берем хорду, равную $100 \cdot 1{,}2 = 120$ *мм*. Отношение хорды $ДВ$ к диаметру $ОД$ будет синусом угла α. Действительно $\sin\alpha = \frac{ДВ}{ОД} = \frac{\tau}{T} = \frac{120}{300} = 0{,}4$.

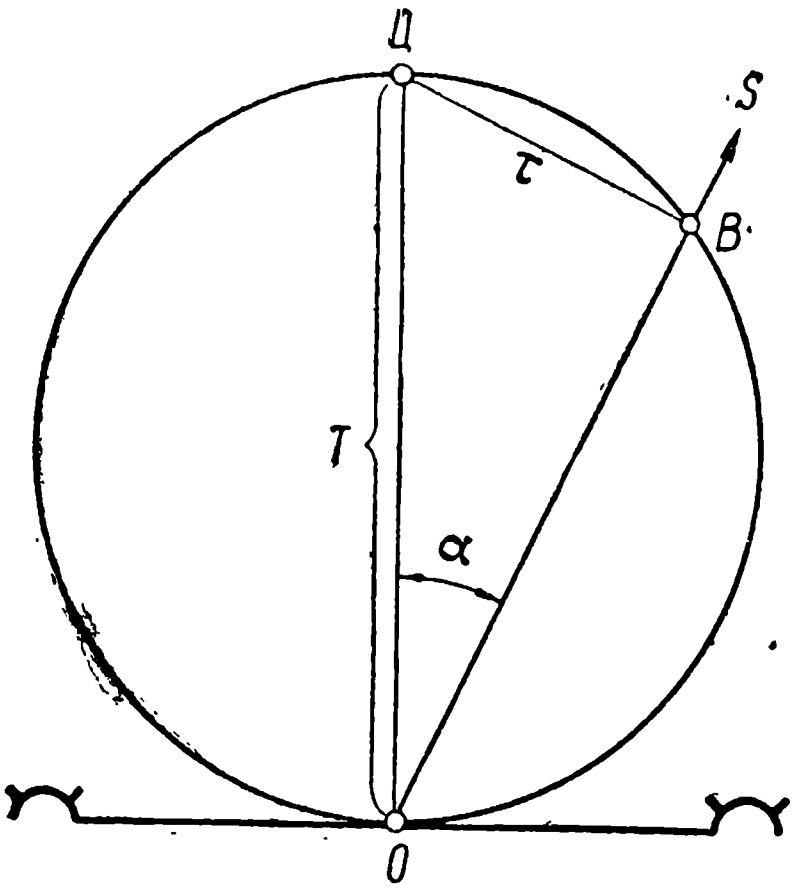


Рис. 98. Определение направления по τ

При решении задачи по формуле $\sin\alpha = \frac{\tau}{T}$, как видно из приведенного выше примера, производить деление τ на T не требуется. Это является положительной стороной рассмотренного способа; недостатком же его является то, что величина T зависит от скорости звука C. С изменением температуры скорость звука меняется, следовательно, приходится менять построительную окружность или вводить поправку на температуру.

При данном способе построения направление на цель наносится с каждой акустической базы по каждому отсчету в отдельности. Группирование полученных точек в результате 3—4 засечек данной цели производится непосредственно по планшету.

Поправки определяются путем умножения величин $\Delta\tau$ на базу во времени T; например, поправка на ветер в отсчет равна $\Delta\tau_W T$. Суммарную поправку на параллакс и на ветер можно вносить графически, о чем было сказано в конце главы V.

Решение задачи по формуле $\sin\alpha = \frac{\tau}{\frac{T}{l}}$

Наиболее удобным оказалось на практике брать построительную окружность с постоянным радиусом, не зависящим от длины акустической базы l и от скорости звука C. Радиус построительной окружности берут равным половине единицы (диаметр, равный единице). В этом случае задачу решают по формуле $\sin\alpha = \frac{\tau}{\frac{T}{l}}$.

При таком решении задачи для построения направлений на цель откладывают от точки $Д$ хорду, соответственно равную величине $\sin\alpha$.

Преимущество этого способа перед ранее указанными способами заключается в том, что диаметр построительной окружности для всех баз берется постоянным и независящим от скорости звука C. Недостатком же этого способа является то, что для определения $\sin\alpha$ надо каждый раз делить τ на T. Но так как деление τ на T производится при помощи счетной звукометрической линейки, то это особых затруднений не вызывает.

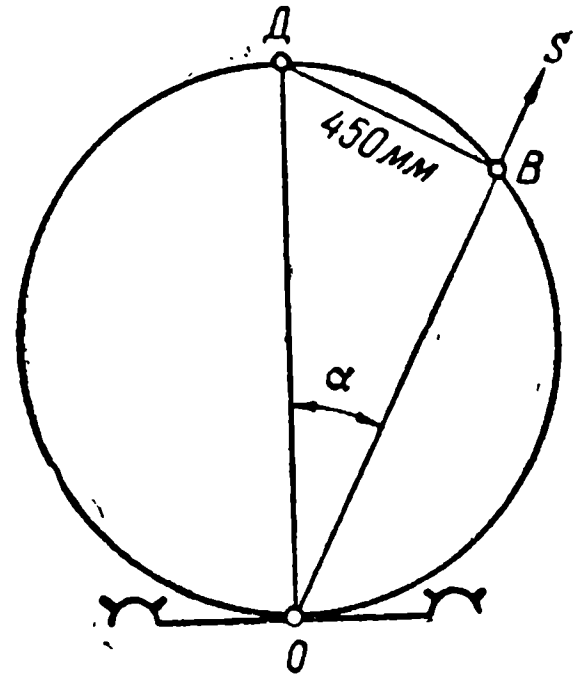


Рис. 99. Определение направления по $\sin\alpha$

Для решения задачи в этом случае задаются каким-либо определенным масштабом, полагая, например, что единице соответствует 1000, 500 или 200 *мм*. Если взять диаметр окружности $ОД$ равным 1000 *мм*, то каждой тысячной синуса будет соответствовать 1 *мм*. При какой-либо величине τ, например, при $\tau = +1{,}350$ и $T = 3$ секунды, получаем $\sin\alpha = 0{,}450$, значит надо взять хорду, равную 450 *мм* (рис. 99), и отложить ее согласно знаку τ вправо от точки $Д$. Соединив теперь точку $О$ с точкой $В$, получим направление на источник звука. Действительно

$$\sin\alpha = \frac{ДВ}{ОД} = \frac{450}{1000} = 0{,}450.$$

То же самое делают и при получении $\sin\alpha_0$ ($\sin\alpha_{0_h}$). Например, при $\sin\alpha_0 = \pm 483$ тысячным берут хорду, равную 483 *мм*, откладывают ее от точки $Д$ вправо или влево согласно знаку τ и получают точку $В$, а затем и направление на цель.

Но на практике оказалось, что работать с такой большой окружностью, диаметр которой равен 1000 *мм*, неудобно, к тому же требуется планшет и построительные принадлежности (циркуль и линейки) очень больших размеров. Исходя из этого, работу ведут при помощи окружности диаметром в 200 *мм*. Так как 200 в пять раз меньше 1000, получаемые значения синусов углов α приходится делить в этом случае на 5.

Например, при $\sin\alpha = 0{,}125$ надо брать хорду, равную не 125 *мм*, а только 25 *мм*. Действительно, если $ОД = 200$ *мм* и $\sin\alpha = 0{,}125$, то $ДВ = 200 \cdot \sin\alpha = 200 \cdot 0{,}125 = 25$ *мм*. Длину хорды берут с точностью до 0,1 *мм*. Например, при $\sin\alpha = 263$ тысячным берут $ОВ = 52{,}6$ *мм*.

Для построения $\sin\alpha$ величину хорды берут циркулем по линейке с поперечным масштабом, помещенной в верхней части обратной стороны пластинки хордоугломера. Чтобы каждый раз не делить полученную величину $\sin\alpha$ на 5, нужно под цифрами линейки с поперечным масштабом 1, 2, 3 и т. д. нанести числа 100,

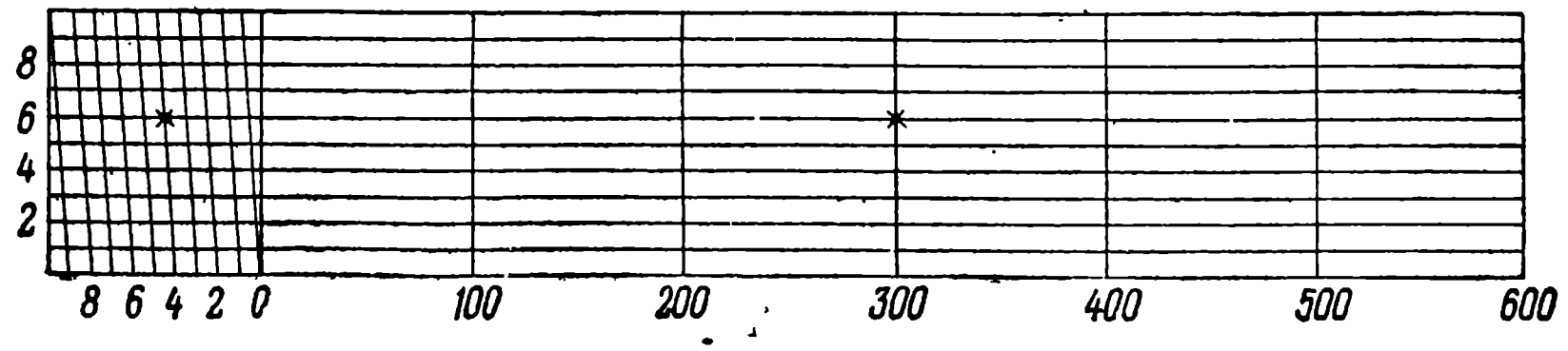


Рис. 100. Линейка с поперечным масштабом, на которой отрезок, равный 346 единицам, отмечен крестиками

200, 300 и т. д., другими словами, принять основание масштаба за 100 единиц. При радиусе построительной окружности $R = 100$ *мм* диаметр ее будет равен условным 1000 единицам.

В этом случае при получении величины $\sin\alpha$ надо брать на указанной линейке отрезок, численно равный величине $\sin\alpha$, выраженной в тысячных, и откладывать его как хорду от точки *Д* построительной окружности. Например, при получении $\sin\alpha = 346$ тысячным надо брать по линейке с поперечным масштабом отрезок, равный 346. На рис. 100 этот отрезок отмечен крестиками.

При диаметре построительной окружности, равном 200 *мм*, одной тысячной синуса соответствует 0,2 *мм*. Поэтому точность работы с такой окружностью получается вполне достаточной.

Масштаб построительной окружности не зависит от масштаба планшета, поэтому диаметр построительной окружности можно брать любых размеров, и чем он больше, тем больше будет точность работы. Но, как выше было указано, надо считаться с удобством работы, а также с наличием имеющихся приборов.

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ ГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Определение координат целей графическим методом производится на планшете засечек. Обычно при засечке дальних целей берут планшет масштаба 1 : 25 000, а при засечке ближних целей — 1 : 10 000.

Работа на планшете засечек складывается из предварительной подготовки самого планшета и из построения направлений на нем для определения координат целей.

Предварительная подготовка самого планшета заключается в следующем:

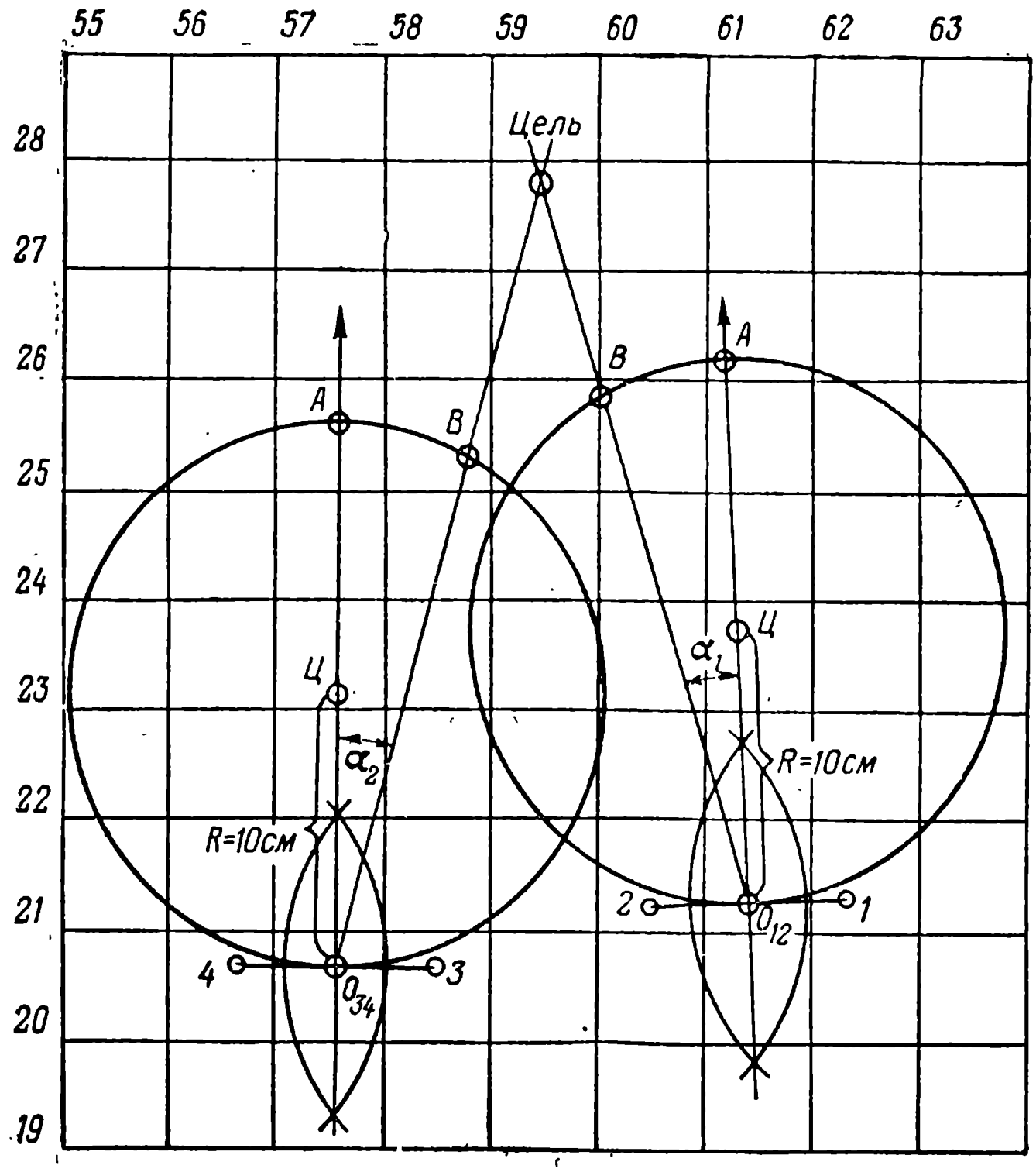


Рис. 101. Определение координат цели графическим методом

— наносятся звуковые посты (точки стояния звукоприемников) на планшет;

— строятся акустические базы и директрисы;

— строятся на директрисах построительные окружности.

Предварительная работа на планшете начинается с момента получения координат звуковых постов.

По получении координат звуковых постов чертежник наносит точки стояния их на планшет (рис. 101), соединяет между собой попарно прямыми линиями точки стояния звукоприемников *1—2*, *3—4* и получает две акустические базы. При наличии шести звукоприемников, например *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, чертежник строит три акустические базы между звуковыми постами *1—2*, *3—4* и *5—6* (см. рис. 104). Но акустические базы в случае надобности, например, при выбытии из строя какого-либо звукоприемника, могут быть образованы вообще двумя любыми звуковыми постами, например, *1—3*, *4—5* и т. д. Для построения директрисы применяют обычный геометрический способ деления отрезка пополам (см. рис. 101). Берут длину директрисы, немного более 200 *мм*, откладывают на ней от точки *О* (центра акустической базы) 100 *мм* (10 *см*), получают точку *Ц* — центр построительной окружности и радиусом, равным 10 *см*, из полученной точки *Ц* строят построительные

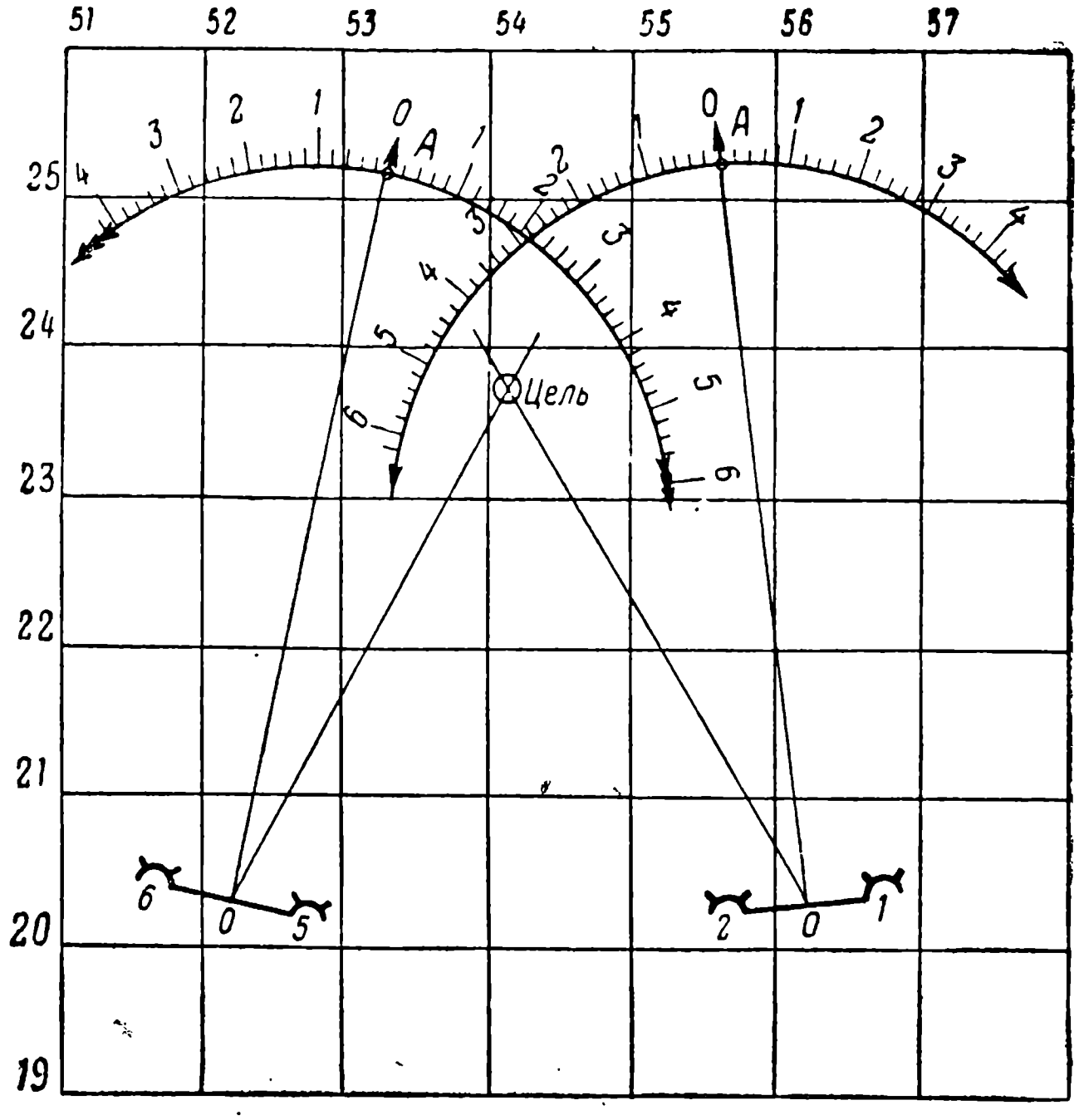


Рис. 102. Построительные дуги с нанесенными делениями

окружности или же дуги окружности по 40—45° в обе стороны от директрисы (см. рис. 104).

Точки пересечения директрис каждой базы с дугами, точки *О* и сами дуги отмечают разными цветными карандашами, чтобы их можно было легко отличить одну от другой. Дуги отмечаются стрелками, а точки пересечения директрис с дугами — кружочками.

С целью исключения грубых ошибок рекомендуется на дугах построительных окружностей наносить деления через 10—20 тысячных синуса. На рис. 102 деления нанесены через 20 тысячных синуса. Нанесенные цифры *1*, *2*, *3* и т. д. показывают 100, 200, 300 и т. д. тысячных синуса. Например, получив $\sin \alpha_{12} = -415$ тысячным и $\sin \alpha_{56} = +295$ тысячным, согласно делениям на окружности можно примерно указать, где будет находиться цель.

При наличии построительных линеек и центриков закрепляют построительные линейки при помощи кнопок в центрах акустических баз и вкалывают центрики в точки пересечения директрис с дугами.

На этом подготовка планшета заканчивается.

Длины баз *l* чертежник снимает непосредственно с планшета при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. Длины *l* берутся с точностью до 5 *м*. Длины баз передаются вычислителям для определения по ним синусов угла α.

По получении от вычислителя величин $\sin \alpha$ с каждой базы чертежник при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки

берет отрезки, соответствующие значениям $\sin\alpha$, и откладывает их от точек A (см. рис. 101) вправо или влево соответственно знаку синусов; соединяет при помощи построительных линеек (а если их нет, то при помощи обычных линеек) точки B с точками O и получает в пересечении направлений точку цели, координаты которой определяет при помощи циркуля-измерителя и линейки с поперечным масштабом или координатной мерки. При наличии трех баз при построении направлений может получиться треугольник погрешности. При работе графическим методом, когда координаты звуковых постов определены по карте (фотоснимку), треугольник погрешности обычно получается большим. Поэтому в таких случаях засечку целей (разрывов) следует производить по двум крайним базам. По мере получения точных координат звуковых постов уточняется местоположение их на планшете и по привязке четырех и более звуковых постов координаты ранее засеченных целей определяются вновь при работе смешанным методом.

При графическом методе работы вследствие больших ошибок топографической привязки звуковых постов получаются большие ошибки в определении координат целей. Вследствие этого построение направлений можно производить непосредственно по $\sin\alpha$ без учета каких-либо поправок. Однако, чтобы не вводить дополнительных ошибок, лучше производить засечку целей с учетом поправок на ветер и параллакс перьев, тем более, что учет поправок на наземный ветер и на параллакс не вызывает каких-либо затруднений. Влияние температуры учитывается путем расчета базы во времени T по скорости звука при данной температуре (путем подготовки счетной линейки по величине скорости звука при данной температуре).

Для расчета угла θ при определении поправки на ветер необходимо знать дирекционный угол директрисы. Его определяют при помощи целлулоидного круга по планшету с точностью до 1-00.

Построительные линейки

В комплект построительных линеек входят пять малых линеек и одна большая.

Построительные линейки (рис. 103) предназначены для графических работ на планшете масштаба 1 : 25 000; в соответствии с масштабом на линейках нанесены километровые и секундные шкалы.

Километровые шкалы нанесены на обеих сторонах каждой линейки вдоль одного и того же края; на линейках в начале километровой шкалы имеются отверстия, через которые линейки крепятся к планшету. На всех линейках километровые шкалы начинаются делениями с 2 *км*, с ценой одного деления в 0,1 *км*; оцифровка дается через 1 *км*. Малые линейки имеют километровые шкалы с 2 до 15 *км*, а большая — с 2 до 20 *км*.

Вдоль другого края каждой линейки на обеих ее сторонах нанесены секундные шкалы: с одной стороны — для температуры

$t° = +15°$ С, с другой стороны — для температуры $t° = -10°$ С. Цена одного деления секундных шкал равна 0,1 секунды, оцифровка шкал произведена через одну секунду.

На малых линейках секундные шкалы нанесены от 0 до 44 секунд с одной стороны и от 0 до 46 секунд с другой стороны. На большой линейке секундная шкала нанесена от 0 до 58 секунд с одной стороны и от 0 до 61 секунды с другой. Секундные шкалы используются для расчета ленты-дешифратора. Каждая из шести линеек в комплекте имеет свою отличительную окраску, нанесенную в круглых углублениях по концам линеек с обеих сторон.

Иглы (кнопки) предназначены для крепления линеек к планшету; своим острием они проходят через отверстие, находящееся на месте нуля километровых шкал.

Центрики по конструкции подобны иглам, но имеют на своих головках углубления. Центрики вкладываются в планшет на пересечении построительной окружности с директрисой акустической базы и служат опорным центром для ножки циркуля при откладывании хорд.

§ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ СМЕШАННЫМ МЕТОДОМ

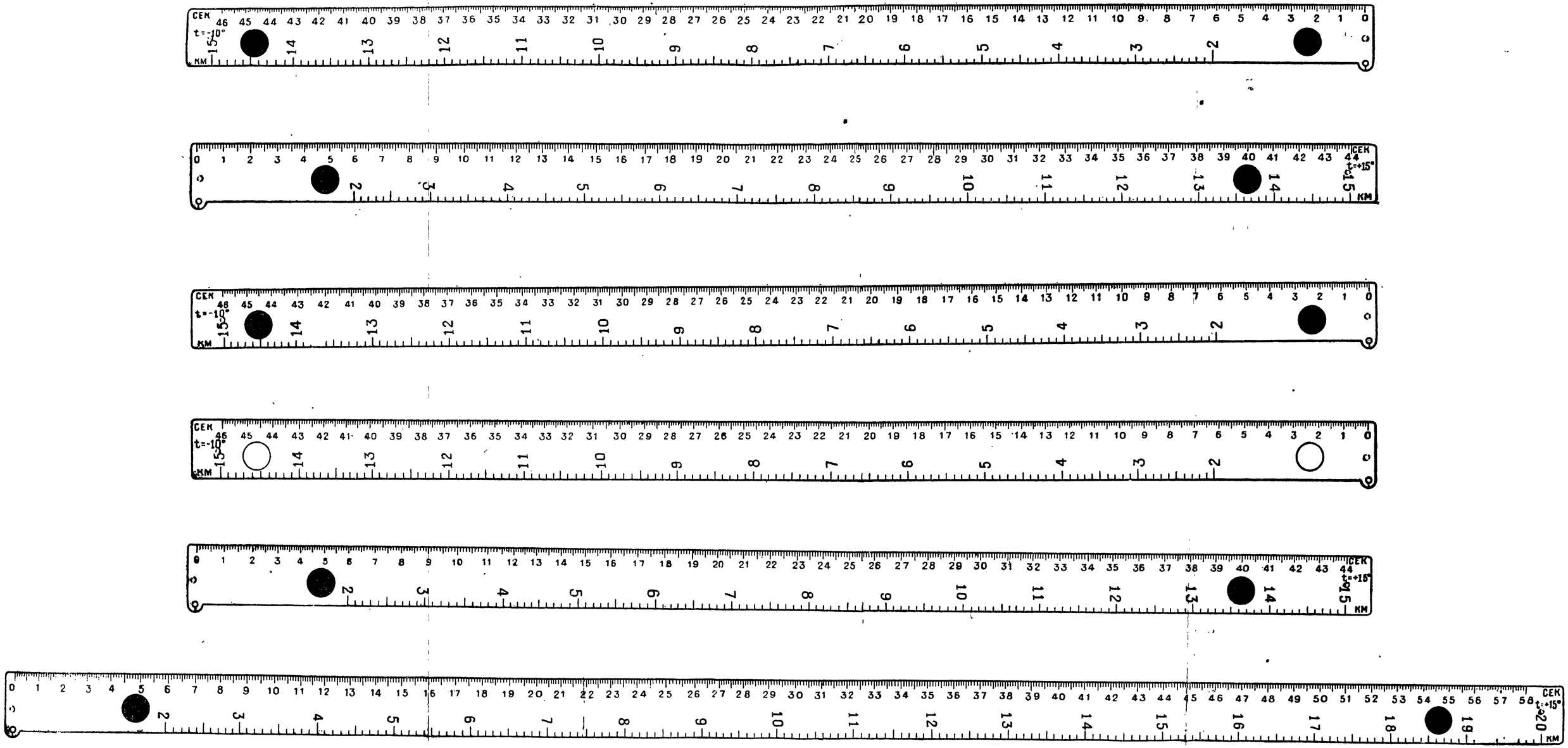
Работа при смешанном методе определения координат целей отличается от работы при графическом методе только подготовкой планшета. Директрисы в данном случае строятся не геометрическим способом (путем деления отрезка пополам), а по двум точкам, нанесенным на планшет, координаты которых определяются путем соответствующих вычислений.

Синусы угла α при смешанном методе работы берутся со всеми поправками, т. е. определение направлений производится по истинным синусам углов α (по $\sin \alpha_0$ или $\sin \alpha_{0h}$).

Остальные работы, т. е. построение направлений на планшете по синусам углов α, производятся, как и при графическом методе работы.

При смешанном методе работы, так же как и при графическом, все действия подразделяются на **подготовительные и рабочие.** К подготовительным действиям относится расчет координат точек на директрисе и предварительная подготовка планшета, а к рабочим — построение направлений и определение координат цели.

Директрисы в звуковой разведке являются своего рода ориентирными направлениями, от которых производится построение углов α, т. е. построение направлений на цель. От точности построения директрис зависит точность построения направлений на цель. Поэтому при точной привязке звуковых постов прилагают все усилия к тому, чтобы директрисы были построены наиболее точно. Геометрический способ построения директрисы не обеспечивает достаточной точности. Необходимая точность достигается только путем построения директрисы по точкам, нанесенным на планшет, координаты которых определяются путем соответствующих расчетов. Порядок построения директрисы следующий. Сначала дирек-



Зак. № 1166

Рис. 103. Построительные линейки

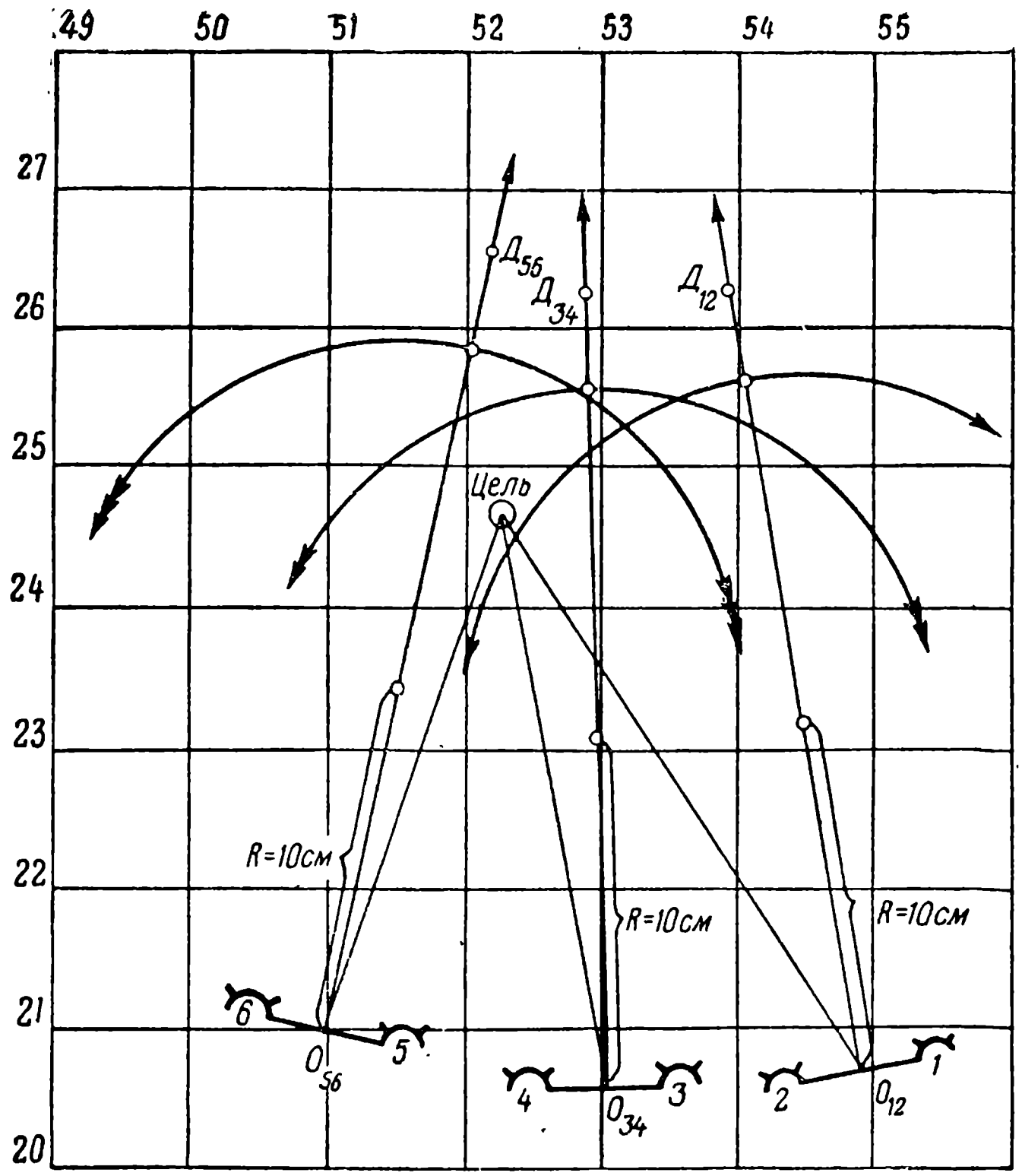


Рис. 104. Определение координат цели при смешанном методе работы

триса строится геометрическим способом, а потом уточняется при помощи указанных выше точек. В данном случае геометрическим построением директрисы контролируется расчетная работа по определению координат этих точек. Для построения направления директрисы рассчитываются координаты точки O — центра акустической базы и координаты какой-либо другой точки $Д$ (рис. 104), достаточно удаленной от точки O. По этим двум точкам, нанесенным на планшет, и строится, или, вернее, уточняется, положение директрисы, построенной геометрическим способом.

Координаты точки O рассчитываются по формуле

$$x_0 = \frac{x_л + x_п}{2}; \qquad y_0 = \frac{y_л + y_п}{2}, \tag{1}$$

где x_0 и y_0 — координаты точки O, а $x_л$, $x_п$ и $y_л$, $y_п$ — координаты левого и правого звуковых постов данной базы. Координаты точки $Д$ рассчитываются по формулам

$$\left.\begin{aligned} x_Д &= x_0 - m\,(y_л - y_п) \\ y_Д &= y_0 + m\,(x_л - x_п) \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

где $x_д$ и $y_д$ — координаты точки *Д*, лежащей на директрисе;

m — целое положительное число, показывающее, на сколько акустических баз удалена искомая точка *Д* от точки *О*, т. е.

$$m = \frac{ОД}{l}, \qquad (3)$$

где *ОД* — расстояние по директрисе от точки *О* до точки *Д*.

В зависимости от размеров планшета и расположения на нем звуковых постов m берут равным 5 или 10. Величины 5 или 10 берут потому, что они удобны для расчета координат точки *Д*. При наличии соответствующего планшета величину m выгоднее брать равной 10, так как чем дальше точка *Д* будет лежать от точки *О*, тем точнее будет построена директриса.

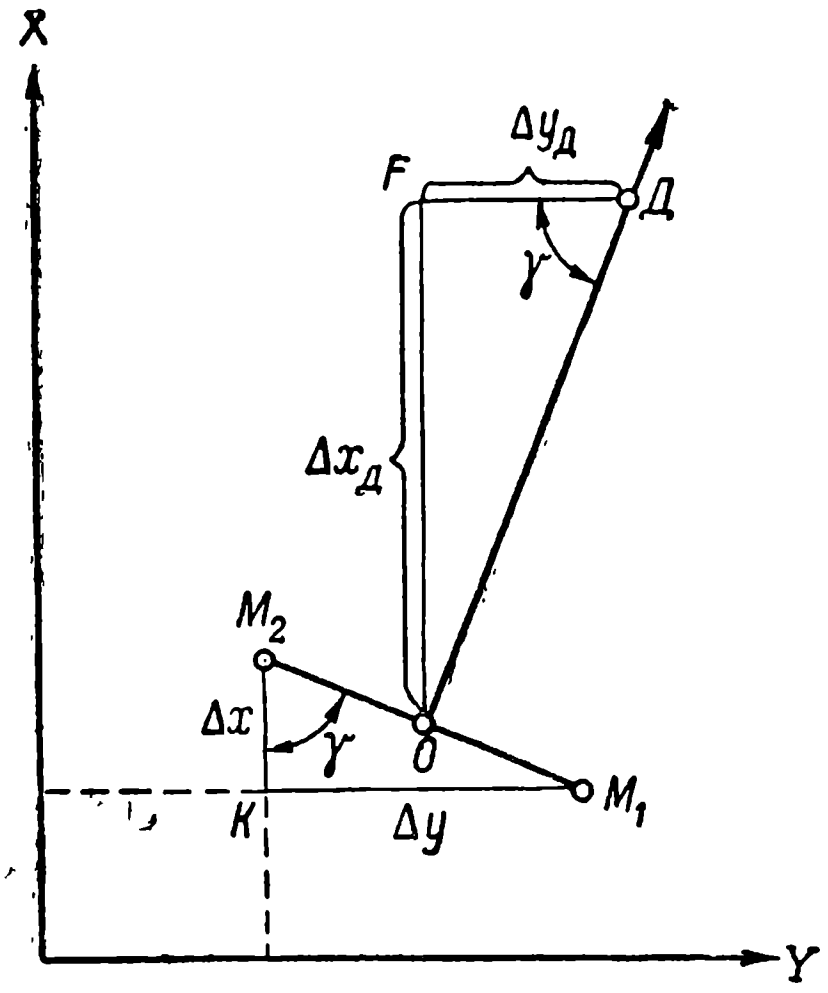


Рис. 105. Схема определения координат точек *О* и *Д* на директрисе

Для вывода формулы (2) воспользуемся рис. 105.

Пусть мы имеем два звуковых поста — M_1 и M_2 (рис. 105). Возьмем прямоугольную систему координат. Через точку M_1 проведем линию, параллельную оси *Y*, а через точку M_2 — линию, параллельную оси *X*. В пересечении их получим точку *К*. Соединив точки M_1 и M_2 между собой, получим акустическую базу, длину которой обозначим через l. В результате получим прямоугольный треугольник M_1KM_2. Построим теперь направление директрисы и отложим на этом направлении отрезок *ОД*. В прямоугольном треугольнике M_1KM_2 угол при точке M_2 обозначим через γ. Затем обозначим координаты точки *О* через x_0 и y_0, координаты правого звукового поста базы M_1 через $x_п$ и $y_п$, а координаты левого звукового поста M_2 — через $x_л$ и $y_л$.

Проведем теперь через точку *О* линию, параллельную оси *X*, а через точку *Д* — линию, параллельную оси *Y*. Получим другой прямоугольный треугольник *OFД*. В этом треугольнике угол при точке *Д* и угол γ равны как углы с взаимно перпендикулярными сторонами, поэтому угол при точке *Д* также обозначим через γ.

В прямоугольном треугольнике *OFД* отрезки *OF* и *FД* будут приращениями $\Delta x_д$ и $\Delta y_д$ к координатам точки *О*.

Прямоугольные треугольники M_1KM_2 и *OFД* подобны, следовательно,

$$\frac{\Delta x_д}{y_п - y_л} = \frac{\Delta y_д}{x_л - x_п} = \frac{ОД}{l}, \qquad (4)$$

откуда

$$\left.\begin{aligned} \Delta x_{Д} &= \frac{ОД}{l}(y_{п} - y_{л}) \\ \text{и} \qquad \Delta y_{Д} &= \frac{ОД}{l}(x_{л} - x_{п}) \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

Положив $\frac{ОД}{l} = m$ и вынося за скобку знак минус в правой части верхнего уравнения (5), окончательно получим

$$\left.\begin{aligned} \Delta x_{Д} &= -m(y_{л} - y_{п}) \\ \text{и} \qquad \Delta y_{Д} &= m(x_{л} - x_{п}) \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

Таким образом, координаты точки $Д$ будут:

$$\left.\begin{aligned} x_{Д} &= x_{0} - m(y_{л} - y_{п}) \\ \text{и} \qquad y_{Д} &= y_{0} + m(x_{л} - x_{п}) \end{aligned}\right\} \tag{7}$$

Пример. Дано: $x_{п} = 20\,810$; $y_{п} = 55\,460$;

$x_{л} = 20\,616$; $y_{л} = 54\,440$.

Требуется определить $x_{Д}$ и $y_{Д}$.

Р е ш е н и е. Определяем $x_{л} - x_{п}$ и $y_{л} - y_{п}$:

$x_{л} - x_{п} = 20\,616 - 20\,810 = -194$ и $y_{л} - y_{п} = 54\,440 - 55\,460 = -1\,020$.

Определяем x_{0} и y_{0}:

$$x_{0} = \frac{20\,616 + 20\,810}{2} = 20\,713; \quad y_{0} = \frac{54\,440 + 55\,460}{2} = 54\,950.$$

Возьмем $m = 5$, и тогда

$$x_{Д} = x_{0} - m(y_{л} - y_{п}) = 20\,713 - 5(-1020) = 20\,713 + 5100 = 25\,813;$$

$$y_{Д} = y_{0} + m(x_{л} - x_{п}) = 54\,950 + 5(-194) = 54\,950 - 970 = 53\,980.$$

Согласно координатам x_{0}, y_{0}, $x_{Д}$ и $y_{Д}$ наносят точки $О$ и $Д$ на планшет и по ним проверяют построенную геометрически директрису. Если точка $Д$ ляжет на директрисе, построенной геометрически, или в 1—2 *мм* от нее, соединяют построенную точку $Д$ с точкой $О$; это и будет истинной директрисой. Директрису, построенную геометрически, стирают.

При большем отклонении точки $Д$ от директрисы, построенной геометрически, рассчитывают для проверки координаты третьей точки $Д'$ при другом значении m (например, при $m = 3$). Наносят третью точку на планшет. Если все три точки не будут лежать на одной прямой, нужно проверить, правильно ли сделан расчет координат всех точек. При правильном расчете координат все три точки ($О$, $Д$, $Д'$) должны лежать на одной прямой, т. е. на директрисе. Кроме того, точки $Д$ и $Д'$ должны лежать на удалении m баз от точки $О$.

Так, например, при $m = 5$ точка $Д$ должна лежать на удалении $5l$.

Подобным же образом строят директрисы и для других баз.

Расчет длины акустической базы

При смешанном способе определения координат цели длину акустической базы l определяют, как правило, путем вычислений.

Длина базы l определяется как гипотенуза прямоугольного треугольника M_1KM_2 (см. рис. 105) по сумме квадратов катетов, т. е. по формуле

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \qquad (8)$$

где $\Delta x = x_л - x_п$ и $\Delta y = y_л - y_п$.

Для решения задачи по формуле (8) пользуются таблицей квадратов.

Таблица квадратов дана в приложении 7. Таблица составлена для чисел от 0 до 4198.

В таблице в левых вертикальных столбцах помещены числа от 0 до 4180 через 20 единиц. В верхней горизонтальной строке помещены четные числа от 0 до 18. Для сокращения таблицы, но не в ущерб ее практической точности квадраты чисел округлены до 100 и последние два нуля отброшены. Например, вместо $256^2 = 65\,536$ взято 655, вместо $1\,530^2 = 2\,340\,900$ взято 23 409 и т. д.

Покажем на примере, как следует пользоваться таблицей квадратов. Даны координаты звуковых постов.

$$x_п = 20\,810,\ y_п = 55\,460,\ x_л = 20\,616,\ y_л = 54\,440.$$

Р е ш е н и е. $\Delta x = x_л - x_п = -194$; $\Delta y = y_л - y_п = -1020$.

Для определения величины Δx^2 находим в левом столбце таблицы число 180, в верхней строке отыскиваем столбец с числом 14 и получаем квадрат числа 194, равный 376. Квадрат числа 1020 равен 10 404.

Сумма квадратов $\Delta x^2 + \Delta y^2 = 376 + 10\,404 = 10\,780$. Находим теперь в таблице ближайшее к числу 10 780 число 10 774. В той же горизонтальной строке в левом столбце берем число 1020, а сверху — число 18. В результате получим $l = 1\,038$.

Решение этого примера при помощи логарифмических таблиц дает нам число 1 038,4, т. е. при определении длины базы l по таблице делаем ошибку только на 0,4 *м*.

При получении нечетных значений Δx и Δy для большей точности определения длины l квадраты этих значений находят путем интерполирования. Например, при получении $\Delta x = 1051$ *м* надо брать $\Delta x^2 = 11\,046$.

Вычисление координат точек *О* и *Д* и определение длин акустических баз лучше производить по бланку, который называется **бланком расчета элементов акустических баз.** Бланки эти могут быть заготовлены для расчета элементов одной базы или ряда баз. Подобного рода бланк с решением примера на вычисление координат точек *О* и *Д* и длины l правой базы приведен на стр. 161. По бланку сначала вычисляют данные для трех баз, образованных звуковыми постами *1—2, 3—4* и *5—6*. Затем, при наличии свободного времени, вычисляют элементы для баз, образованных другими звуковыми постами, для того чтобы иметь готовые данные на случай выхода из строя какого-либо звукового поста.

(Бланк № 1)

БЛАНК РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ АКУСТИЧЕСКИХ БАЗ

$m = 5$

№ строки	Акустическая база	M_5M_6	M_3M_4	M_1M_2	M_4M_6	M_4M_5	M_3M_5	M_2M_4	M_2M_3	M_1M_3
5	$x_л - x_п = \Delta x$			—194						
1	$x_п$			20810						
2	$x_л$			20616						
6	$x_л + x_п$			41426						
7	$x_0 = \frac{x_л + x_п}{2}$			20713						
11	$m\Delta y$			—5100						
12	$x_Д = x_0 - m\Delta y$			25813						
8	$y_л - y_п = \Delta y$			—1020						
3	$y_п$			55460						
4	$y_л$			54440						
9	$y_л + y_п$			109900						
10	$y_0 = \frac{y_л + y_п}{2}$			54950						
13	$m\Delta x$			—970						
14	$y_Д = y_0 + m\Delta x$			53980						
15	Δx^2			376						
16	Δy^2			10404						
17	$\Delta x^2 + \Delta y^2$			10780						
18	$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$			1038						

15 июля 1956 г. Вычислял *ефрейтор Иванов*

Здесь достаточно подробно рассмотрен уставной способ расчета координат точек на директрисе и определение длины акустической базы. Но расчет координат точки на директрисе и определение длины акустической базы можно производить и по другим формулам, нередко применяемым на практике.

Из рис. 105 видно, что

$$\Delta x_д = ОД \sin\gamma,\ \Delta y_д = ОД \cos\gamma \text{ и } \operatorname{tg}\gamma = \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Задаваясь, как это делается на практике, величиной $ОД = 5000$ *м*, найдем значения $\Delta x_д$ и $\Delta y_д$.

Длина базы l может быть определена по формулам:

$$l = \frac{\Delta x}{\cos\gamma} \text{ или } l = \frac{\Delta y}{\sin\gamma}.$$

Неудобство решения задачи данным способом заключается в том, что приходится пользоваться таблицами логарифмов.

Воспользовавшись значениями Δx и Δy из предыдущей задачи, найдем координаты точки на директрисе и длину базы l данным способом.

Величина $\lg\operatorname{tg}\gamma = \lg\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = \lg\left(\frac{1\,020}{194}\right) = 0{,}72080$; в соответствии с этим $\lg\cos\gamma = 9{,}27149$ и $\lg\sin\gamma = 9{,}99229$.

Тогда

$$\Delta x_д = 5\,000\sin\gamma = +4912 \text{ и } \Delta y_д = 5\,000\cos\gamma = -934,$$

$$x_д = 20\,713 + 4\,912 = 25\,625 \text{ и } y_д = 54\,950 - 934 = 54\,016.$$

Величины $\Delta x_д$ и $\Delta y_д$ взяты соответственно с плюсом и с минусом потому, что направление директрисы лежит в четвертой четверти. Действительно, величины $\Delta x = x_л - x_п = -1\,020$ и $\Delta y = y_л - y_п = -194$. Знаки минус у величин Δx и Δy показывают, что направление акустической базы лежит в третьей четверти, значит направление директрисы лежит в четвертой четверти. Направление директрисы лежит всегда на одну четверть впереди направления акустической базы, считая по кругу вправо.

Более подробно об определении направлений по четвертям в соответствии со знаками Δx и Δy сказано на стр. 168.

Пользуясь логарифмами величин Δx и Δy, а также $\sin\gamma$ и $\cos\gamma$, найдем длину акустической базы; как и в первом случае она будет равна 1038 *м*.

Для определения величины l и координат точек на директрисе можно составить бланк, подобный тому, который показан на стр. 161.

При работе смешанным методом можно наносить на планшет только центры акустических баз. Тем не менее желательно точки стояния звуковых постов наносить на планшет для построения директрисы геометрическим способом для контроля расчетов и нанесения точек *О* и *Д*, а также и для того, чтобы при выбытии из

строя какого-либо звукоприемника можно было быстрее перейти на работу на другой базе, образованной при помощи других звуковых постов, если координаты точек *О* и *Д* директрисы этой базы почему-либо не рассчитаны. Например, при выбытии второго звукоприемника образуют базу между первым и третьим звуковыми постами. Сначала директрису такой базы строят геометрически, проверяя ее в дальнейшем по рассчитанным координатам точек *О* и *Д*.

Для расчета поправок на ветер, как и при графическом методе, дирекционные углы директрисы определяют по планшету при помощи целлулоидного круга с точностью до 1-00.

При работе смешанным методом координаты целей, как правило, определяют при помощи трех акустических баз, образованных попарно звуковыми постами *1—2*, *3—4* и *5—6* (см. рис. 104).

При засечке целей с трех баз могут быть получены треугольники погрешности и при аналитическом методе привязки звуковых постов. Треугольники погрешности в этом случае получаются главным образом за счет неточного учета метеорологических данных и неточно взятых начал записей.

Однако наибольшая сторона треугольника погрешности не должна превышать 1% *Д* (дальности засечки). Точкой местоположения цели считают центр этого треугольника. Получение треугольника погрешности, у которого длина сторон превышает 1% *Д*, указывает на грубую ошибку, допущенную при засечке. В этом случае необходимо проверить, правильно ли произведено вычисление координат звуковых постов, построение директрис, расчет поправок и снятие отсчетов. В тех случаях, когда ошибки обнаружить не удается, за точку местоположения цели принимают точку пересечения направлений с крайних акустических баз и считают координаты данной цели приближенными. Если при засечке ряда целей систематически получается большой треугольник погрешности, то следует проверить, нет ли ошибки в топографической привязке какого-либо поста. Для обнаружения этого поступают следующим образом. Предположим, у нас возникает сомнение в точности привязки третьего поста. В этом случае спаривают четвертый звуковой пост с пятым и засекают цель при помощи баз: *1—2*, *4—5* и *5—6*. Если опять получится большой треугольник погрешности, пробуют другую комбинацию, например, без четвертого звукового поста, спаривая звуковые посты второй и третий и засекая цель при помощи баз *1—2*, *2—3* и *5—6*.

Если в этом случае получится нормальный треугольник погрешности, значит была допущена большая ошибка при привязке четвертого звукового поста.

При числе звуковых постов, равном шести, получаем три независимые базы и, следовательно, три независимых направления на цель. В этом случае при получении треугольника погрешности за положение цели принято брать центр этого треугольника.

При выбытии какого-либо звукоприемника из строя или при невозможности по каким-либо причинам развернуть шесть звуковых постов работа возможна и при меньшем числе их. Но при меньшем

числе звуковых постов, например, при четырех и при пяти, получаются только две независимые базы (крайние базы) (рис. 106), а следовательно, только два независимых направления. Средняя база при наличии четырех звуковых постов и обе средние базы при наличии пяти звуковых постов являются зависимыми, так как оба звукоприемника средней базы при наличии четырех звуковых постов и крайние звукоприемники средних баз при наличии пяти звуковых постов входят в состав крайних баз. Благодаря этому направления на цель, получаемые при помощи средних (зависимых) баз, очень незначительно уточняют положение цели или совершенно не уточняют этого положения. Поэтому при наличии четырех или

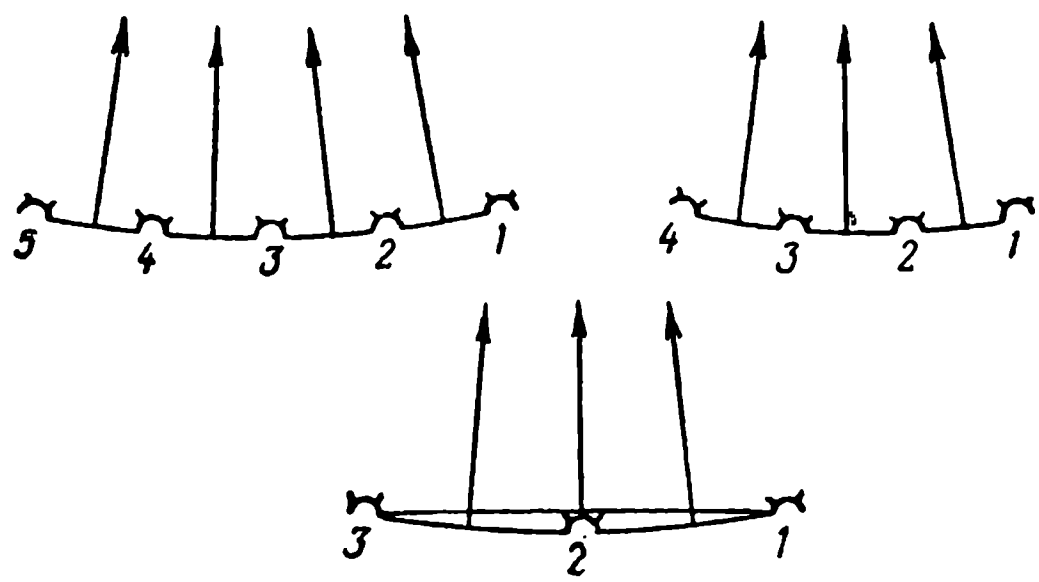


Рис. 106. Схема образования трех акустических баз при различном числе звуковых постов

пяти звуковых постов для однообразия и не в ущерб практической точности за положение цели надо принимать точку пересечения направлений с крайних акустических баз [1]. Направления со средних баз используются в качестве контрольных для установления наличия или отсутствия грубых ошибок.

Следовательно, если при работе четырех звуковых постов наибольшая сторона треугольника погрешности получилась менее 1 % *Д*, то за положение цели надо принимать точку пересечения направлений с крайних баз.

При наличии пяти звуковых постов для контроля проводят направления как с одной, так и с другой средних баз и в результате получают два треугольника погрешности: один при построении направлений с крайних баз и с базы, образованной звуковыми постами *2* и *3*, и другой при построении направлений с тех же крайних баз и с базы, образованной звуковыми постами *3* и *4*. Если наибольшие стороны в обоих треугольниках получаются менее 1 %*Д*, то в этом случае за положение цели также принимают точку пересечения направлений с крайних баз. В противном случае про-

[1] При наличии трех независимых акустических баз (шесть звуковых постов) направление на цель со средней базы также очень мало влияет на точность определения координат целей.

изводят проверку правильности работы, как при работе шести звуковых постов. И если, например, имеется ошибка в привязке третьего звукового поста, то направление с базы, образованной звуковыми постами *2* и *3*, пройдет по одну сторону от точки пересечения направлений с крайних баз, а направление с базы, образованной звуковыми постами *3* и *4*, пройдет по другую сторону от этой точки. Если, например, направления с баз, образованных звуковыми постами *1—2*, *2—3* и *3—4*, пересекаются в одной точке или образуют небольшой треугольник погрешности, а направление с четвертой базы отходит далеко в сторону, то это показывает на ошибку привязки пятого звукового поста.

При работе трех звуковых постов за положение цели также принимают точку пересечения направлений с крайних баз. В этом случае за контрольное направление можно было бы взять направление с базы, образованной крайними звукоприемниками, как это указано на рис. 106. Но углы засечки, получаемые в результате построения направлений со средней базы и с одной из крайних баз, очень малы, поэтому точки пересечения этих направлений являются недостаточно точными. Вследствие этого координаты целей при работе с помощью трех звуковых постов получаются недостаточно надежными. Кроме того, при выбытии из строя одного звукового поста засечка целей становится невозможной. В тех случаях, когда применяется смешанный метод определения координат целей, вести работу при помощи трех звуковых постов вообще не рекомендуется.

В заключение укажем, что при достаточной тренировке чертежников ошибка в графической работе при смешанном методе не должна превышать 10—15 *м* по сравнению с аналитическим методом работы, т. е. если, например, при аналитическом методе получены координаты с ошибкой, равной нулю, то при смешанном методе работы ошибки должны быть не более 10—15 *м*. Но чтобы достичь такой точности, необходимо с большой тщательностью производить подготовку планшета засечек, т. е. разграфку его и построение директрис и дуг. Построение директрис, дуг, направлений и точек надо производить хорошим инструментом, твердым и очень хорошо отточенным карандашом.

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ АНАЛИТИЧЕСКИМ (ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ) МЕТОДОМ

Аналитический метод определения координат целей сводится к решению косоугольного треугольника. Треугольник может быть решен, если даны, например, одна сторона и два угла треугольника. При решении задачи нам могут быть известны сторона $O_{12}O_{56}$ (длина геометрической базы) и углы φ_{12} и φ_{56} (рис. 107) треугольника $O_{12}ЦO_{56}$. Сторона $O_{12}O_{56}$ является основанием треугольника $O_{12}ЦO_{56}$ и в то же время геометрической базой, длину которой L и дирекционный угол направления $(O_{12}O_{56})$ нетрудно определить, зная координаты точек O_{12} и O_{56}.

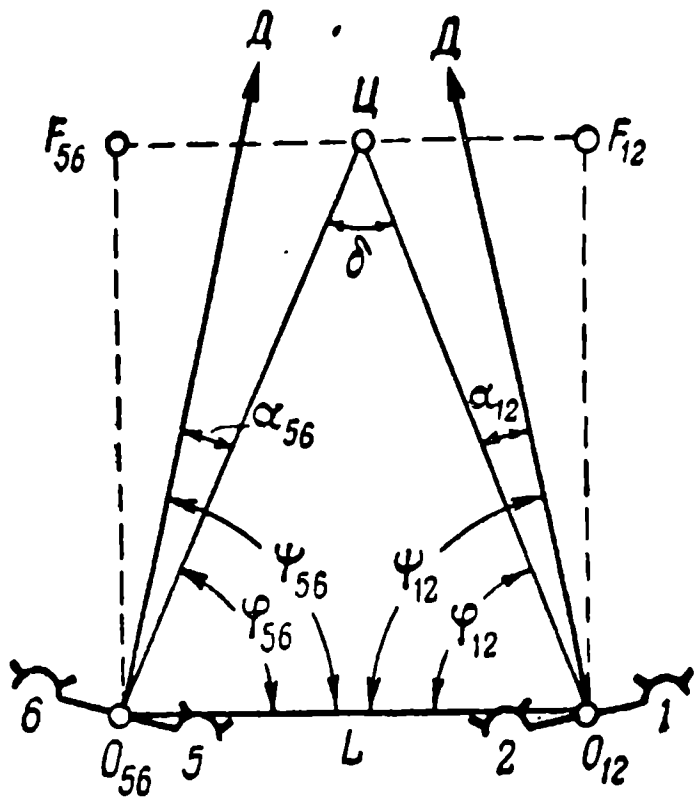


Рис. 107. Схема определения координат цели аналитическим методом

Угол φ_{12} для правой акустической базы равен алгебраической сумме углов ψ_{12} и α_{12}, т. е.

$$\varphi_{12} = \psi_{12} + \alpha_{12}\,^{1}. \qquad (9)$$

Например, при

$$\psi_{12} = 13\text{-}00 \text{ и } \alpha = -3\text{-}00$$

$$\varphi_{12} = 13\text{-}00 + (-3\text{-}00) = 10\text{-}00.$$

Угол φ_{56} для левой акустической базы равен алгебраической разности углов ψ_{56} и α_{56}, т. е.

$$\varphi_{56} = \psi_{56} - \alpha_{56}. \qquad (10)$$

Например, при

$$\psi_{56} = 14\text{-}00 \text{ и } \alpha_{56} = +2\text{-}00$$

$$\varphi_{56} = 14\text{-}00 - (+2\text{-}00) = 12\text{-}00.$$

Угол ψ_{12}, т. е. угол между направлениями директрисы правой акустической базы и геометрической базы, равен разности дирекционных углов этих направлений, т. е.

$$\psi_{12} = (ОД)_{12} - (O_{12}O_{56}). \qquad (11)$$

Соответственно этому для левой акустической базы

$$\left.\begin{aligned} \psi_{56} &= (O_{56}O_{12}) - (ОД)_{56} \\ \text{или} \quad \psi_{56} &= (O_{12}O_{56}) \pm 30\text{-}00 - (ОД)_{56} \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Например, если $(ОД)_{12} = 59\text{-}00$, $(ОД)_{56} = 2\text{-}00$ и $(O_{12}O_{56}) = 46\text{-}00$, то $\psi_{12} = 59\text{-}00 - 46\text{-}00 = 13\text{-}00$ и $\psi_{56} = 46\text{-}00 - 30\text{-}00 - 2\text{-}00 = 14\text{-}00$.

Углы α определяются по таблицам логарифмов или по таблицам, данным в приложении 8, согласно величинам $\sin\alpha$. Зная в треугольнике $O_{12}ЦO_{56}$ сторону $O_{12}O_{56}$ и два угла φ_{12} и φ_{56}, нетрудно определить и остальные элементы треугольника: угол δ и стороны $O_{12}Ц$ или $O_{56}Ц$. Угол

$$\delta = 30\text{-}00 - (\varphi_{12} + \varphi_{56}). \qquad (13)$$

Стороны $\overline{O_{12}Ц}$ и $\overline{O_{56}Ц}$ согласно формуле синусов будут равны:

$$\left.\begin{aligned} \overline{O_{12}Ц} &= \frac{L}{\sin\delta}\sin\varphi_{56} \\ \text{и} \quad \overline{O_{56}Ц} &= \frac{L}{\sin\delta}\sin\varphi_{12} \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

[1] Задачу следует решать по истинным углам α, т. е. по α_0, но здесь для упрощения индекс 0 у α опускаем.

Теперь, когда все элементы треугольника $O_{12}ЦO_{56}$ нам известны, нетрудно определить искомые координаты точки $Ц$ (цели). Действительно дирекционный угол $(O_{12}Ц)$ равен алгебраической сумме дирекционного угла директрисы $(ОД)_{12}$ и угла α, т. е.

$$(O_{12}Ц) = (ОД)_{12} + \alpha_{12} \tag{15}$$

и дирекционный угол

$$(O_{56}Ц) = (ОД)_{56} + \alpha_{56}. \tag{16}$$

Зная дирекционный угол, например $(O_{12}Ц)$, нетрудно определить и румб этого направления, т. е. угол $F_{12}O_{12}Ц$ (см. рис. 107). Таким образом, в треугольнике $F_{12}O_{12}Ц$ будут известны гипотенуза $\overline{O_{12}Ц}$ и угол $F_{12}O_{12}Ц$; тогда величины катетов $\overline{O_{12}F_{12}}$ и $\overline{F_{12}Ц}$ определятся по формуле

$$\left.\begin{aligned} \overline{O_{12}F_{12}} &= \overline{O_{12}Ц}\cos(O_{12}Ц) \\ \overline{F_{12}Ц} &= \overline{O_{12}Ц}\sin(O_{12}Ц) \end{aligned}\right\} \tag{17}$$

Катеты $\overline{O_{12}F_{12}}$ и $\overline{F_{12}Ц}$ являются приращением координат Δx_{12} и Δy_{12} к координатам точки O_{12}, поэтому, зная координаты точки O_{12}, найдем и координаты точки $Ц$, т. е. координаты цели:

$$\left.\begin{aligned} x_Ц &= x_{O_{12}} + \Delta x_{12} \\ y_Ц &= y_{O_{12}} + \Delta y_{12} \end{aligned}\right\} \tag{18}$$

Для проверки решения задачи координаты точки $Ц$ можно определить путем решения другого прямоугольного треугольника $O_{56}F_{56}Ц$ (рис. 107).

Приведем пример на определение координат целей данным способом. Возьмем координаты звуковых постов:

$$\begin{aligned} x_1 &= 20810; & y_1 &= 55460; \\ x_2 &= 20615; & y_2 &= 54440; \\ x_5 &= 20890; & y_5 &= 51525; \\ x_6 &= 21105; & y_6 &= 50485. \end{aligned}$$

1. Определим Δx и Δy:

$$\Delta x_{12} = x_2 - x_1 = -195;\ \Delta y_{12} = y_2 - y_1 = -1020.$$

Знаки у величин Δx и Δy служат для определения направления линий по четвертям.

2. Определим $\operatorname{tg}(M_1M_2)$:

$$\operatorname{tg}(M_1M_2) = \frac{-1020}{-195},$$

откуда

$$R = 79°11'.$$

3. Определим дирекционный угол M_1M_2. Δx и Δy имеют знаки минус, следовательно, направление M_1M_2 лежит в третьей четверти, поэтому дирекционный угол M_1M_2 будет равен:

$$(M_1M_2) = 180° + 79°11' = 259°11'.$$

4. Определим дирекционный угол направления директрисы $(ОД)_{12}$.

$$(ОД)_{12} = (M_1M_2) + 90° = 349°11'.$$

5. Подобно этому дирекционный угол директрисы другой акустической базы, т. е. $(ОД)_{56} = 11°41'$.

6. Определим координаты центров акустических баз:

$$x_{O_{12}} = \frac{x_1 + x_2}{2} = 20712; \qquad y_{O_{12}} = \frac{y_1 + y_2}{2} = 54950;$$

$$x_{O_{56}} = \frac{x_5 + x_6}{2} = 20997; \qquad y_{O_{56}} = \frac{y_5 + y_6}{2} = 51005.$$

7. Определим дирекционный угол геометрической базы $(O_{12}O_{56})$, для чего:

а) определим разность координат:

$$x_{O_{56}} - x_{O_{12}} = 285; \; y_{O_{56}} - y_{O_{12}} = -3945;$$

б) определим $\operatorname{tg}(O_{12}O_{56})$:

$$\operatorname{tg}(O_{12}O_{56}) = \frac{y_{O_{56}} - y_{O_{12}}}{x_{O_{56}} - x_{O_{12}}} = \frac{-3945}{285},$$

откуда

$$R = (O_{12}O_{56}) = 85°52';$$

в) определим дирекционный угол $(O_{12}O_{56})$.

Знаки у приращений показывают, что направление $O_{12}O_{56}$ лежит в четвертой четверти, поэтому

$$(O_{12}O_{56}) = 360° - 85°52' = 274°08'.$$

Дирекционные углы определяются согласно следующей таблице:

4-я четверть $(MM) = 360° - (R)$ $\Delta x +$, $\Delta y -$	1-я четверть $(MM) = (R)$ $\Delta x +$, $\Delta y +$
3-я четверть $(MM) = 180° + (R)$ $\Delta x -$, $\Delta y -$	2-я четверть $(MM) = 180° - (R)$ $\Delta x -$, $\Delta y +$

Номер четверти определяется по знакам Δx и Δy. Для определения румбов R надо в приведенной таблице значения (MM) и R поменять местами. Например, $(MM) = 274°08'$, надо определить румб (R). Направление MM лежит в четвертой четверти, поэтому

$$R = 360° - 274°08' = 85°52'.$$

8. Определим длину геометрической базы $\overline{O_{12}O_{56}}$:

$$L = \frac{y_{O_{56}} - y_{O_{12}}}{\sin (O_{12}O_{56})} = \frac{3945}{\sin (85°52')} = 3955$$

или

$$L = \frac{x_{O_{56}} - x_{O_{12}}}{\cos (O_{12}O_{56})} = \frac{285}{\cos (85°52')} = 3955.$$

В дальнейших вычислениях по таблицам логарифмов придется пользоваться не длиной L, а логарифмом этой величины, поэтому остановимся на логарифме L, при этом за истинное значение возьмем логарифм L, определяемый по большей величине разности, т. е. в нашем случае по $y_{O_{56}} - y_{O_{12}}$.

9. Определяем углы ψ_{12} и ψ_{56}:

$$\psi_{12} = (ОД)_{12} - (O_{12}O_{56}) = 349°11' - 274°08' = 75°03';$$

$$\psi_{56} = (O_{12}O_{56}) - 180° - (ОД)_{56} =$$

$$= 274°08' - 180° - 11°41' = 82°27'.$$

Величины $\lg L$, ψ_{12} и ψ_{56}, а также координаты центров акустических баз и дирекционные углы директрис $(ОД)$ не зависят от величин отсчетов, поэтому расчет этих значений можно производить заблаговременно.

После расчета величин $\sin \alpha$ переходят к дальнейшему решению задачи. Предположим, что получили $\sin \alpha_{12} = -399$ и $\sin \alpha_{56} = -203$.

1. По таблицам натуральных тригонометрических величин (по таблицам логарифмов) или по таблице, данной в приложении 8, находим, что $\alpha_{12} = -23°31'$ и $\alpha_{56} = -11°43'$. Минусы у значений углов α ставим потому, что синусы этих углов имели знак минус.

2. Определим углы φ_{12} и φ_{56}:

$$\varphi_{12} = \psi_{12} + \alpha_{12} = 75°03' + (-23°31') = 51°32';$$

$$\varphi_{56} = \psi_{56} - \alpha_{56} = 82°27' - (-11°43') = 94°10'.$$

3. Угол $\delta = 180° - (\varphi_{12} + \varphi_{56}) = 180° - 145°42' = 34°18'$.

4. $\overline{O_{12}Ц} = \frac{\overline{O_{12}O_{56}}}{\sin \delta} \sin \varphi_{56} = \frac{3955}{\sin 34°18'} \cos 4°10' = 6999.$

5. $(O_{12}Ц) = (ОД)_{12} + \alpha_{12} = 349°11' + (-23°31') = 325°40'.$

6. $(O_{12}Ц) = 360° - 325°40' = 34°20'.$

7. $\Delta x_{12} = \overline{O_{12}Ц} \cos (O_{12}Ц)$; $\Delta x_{12} = 6999 \cos 34°20' = 5779.$

Так как $(O_{12}Ц) = 325°40'$, то Δx_{12} надо брать с плюсом, поэтому $x_{Ц_{12}} = x_{O_{12}} + \Delta x_{12} = 20712 + 5779 = 26491.$

8. $\Delta y_{12} = \overline{O_{12}Ц} \sin (O_{12}Ц) = 6999 \sin 34°20' = 3948.$

Так как $(O_{12}Ц) = 325°40'$, то Δy_{12} надо брать с минусом и поэтому $y_{Ц_{12}} = y_{O_{12}} + \Delta y_{12} = 54950 - 3948 = 51002.$

Индексы у $x_Ц$ и $y_Ц$ означают, что координаты цели определены по стороне $O_{12}Ц$.

9. Проверим наши расчеты по стороне $\overline{O_{56}Ц}$:

$$(O_{56}Ц) = (ОД)_{56} + \alpha_{56} = 359°58'; \quad (O_{56}Ц) = 0°2';$$

$$\overline{O_{56}Ц} = \frac{3955}{\sin 34°18'} \cdot \sin 51°32' = 5494;$$

$$\Delta x_{56} = \overline{O_{56}Ц} \cos (O_{56}Ц) = 5494;$$

$$\Delta y_{56} = \overline{O_{56}Ц} \sin (O_{56}Ц) = 3.$$

Так как $(O_{56}Ц) = 359°58'$, то величину Δx_{56} берем с плюсом, а Δy_{56} с минусом и получаем:

$$x_{Ц_{56}} = x_{O_{56}} + \Delta x_{56} = 20997 + 5494 = 26491$$

и

$$y_{Ц_{56}} = y_{O_{56}} + \Delta y_{56} = 51005 - 3 = 51002.$$

Как видим, $x_{Ц_{56}}$ и $y_{Ц_{56}}$ получились равными $x_{Ц_{12}}$ и $y_{Ц_{12}}$.

Решение задачи данным способом выгоднее производить на бланках. Расчет длин акустических баз l, центров акустических баз O, дирекционных углов директрис $(ОД)$ и геометрических баз $(O_{12}O_{56})$, углов ψ и логарифма величины геометрической базы L производится заблаговременно на подготовительном бланке № 6. Расчет координат цели производится на бланке вычисления координат цели (бланк № 7) по получении величины α_0. Порядок расчета соответствующих величин указан в самих бланках.

Бланк вычисления координат составлен для расчета координат цели только по одной стороне треугольника $O_{12}ЦO_{56}$ (см. рис. 107), по стороне $\overline{O_{12}Ц}$ или $\overline{O_{56}Ц}$. Обычно основной расчет производят по более длинной стороне треугольника, а проверку — по короткой. При расчете по стороне $\overline{O_{12}Ц}$ из подготовительного бланка переносятся в бланк вычисления координат величины:

$$\psi_{12};\ \psi_{56};\ \lg L;\ (ОД)_{12};\ x_{O_{12}} \text{ и } y_{O_{12}}.$$

При этом надо брать логарифм синуса угла φ с левой акустической базы, т. е. надо брать $\lg \sin \varphi_{56}$. При расчете по стороне $\overline{O_{56}Ц}$ в бланк вычисления координат переносятся из подготовительного бланка те же величины (φ_{12}; ψ_{56}; $\lg L$), но дирекционный угол директрисы $(ОД)$ и координаты центра акустической базы берут для левой базы, т. е. берут $(ОД)_{56}$; $x_{O_{56}}$ и $y_{O_{56}}$. При этом логарифм синуса угла φ берут с правой акустической базы, т. е. $\lg \sin \varphi_{12}$.

При небольших расхождениях в координатах (порядка нескольких метров), полученных по одной и другой стороне треугольника, берут среднее значение и принимают это значение за истинные координаты.

Если расхождения будут велики, то это значит, что при расчетах допущена грубая ошибка. В этом случае необходимо сделать проверку расчетов по обеим сторонам.

(Бланк № 6)

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ БЛАНК ДЛЯ РАСЧЕТА КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ

25 декабря 1956 г. 15 час. 10 мин.			Правая база					
			27	$y_2 - y_1$	—1020	30	$x_2 - x_1$	—195
Левая база			4	y_2	54440	3	x_2	20615
			2	y_1	55460	1	x_1	20810
9	$y_6 - y_5$	—1040	28	$y_2 + y_1$	109900	31	$x_2 + x_1$	41425
8	y_6	50485						
6	y_5	51525	Геометрическая база			42	l	1038
10	$y_6 + y_5$	102010	11	$y_{56} = \frac{y_6 + y_5}{2}$	51005	41	lg l	3,01640
12	$x_6 - x_5$	+215	29	$y_{12} = \frac{y_2 + y_1}{2}$	54950	33	lg $(y_2 - y_1)$	3,00860
7	x_6	21105	45	$y_{56} - y_{12}$	—3945	37	lg sin (MM)	$\bar{1}$,99220
5	x_5	20890	14	$x_{56} = \frac{x_6 + x_5}{2}$	20997	34	lg $(x_2 - x_1)$	2,29003
13	$x_6 + x_5$	+41995	32	$x_{12} = \frac{x_2 + x_1}{2}$	20712	38	lg cos (MM)	$\bar{1}$,27361
24	l	1062	46	$x_{56} - x_{12}$	+285	39	lg l	3,01642
23	lg l	3,02612	47	lg $(y_{56} - y_{12})$	3,59605	40	l	1038
15	lg $(y_6 - y_5)$	3,01703	51	lg sin$(O_{12}O_{56})$	$\bar{1}$,99887	35	lg tg (MM)	0,71857
19	lg sin (MM)	$\bar{1}$,99091	54	lg $\overline{O_{12}O_{56}}$	3,59718	36	R	79°11′
16	lg $(x_6 - x_5)$	2,33244	53	lg $\overline{O_{12}O_{56}}$	3,59721	43	(MM)	259°11′
20	lg cos (MM)	$\bar{1}$,30633	48	lg $(x_{56} - x_{12})$	2,45484		+90°	+90°00′
21	lg l	3,02611	52	lgcos$(O_{12}O_{56})$	2,85763	44	$(ОД)_{12}$	349°11′
22	l	1062	49	lg tg $(O_{12}O_{56})$	1,14121	56	$(O_{12}O_{56})$	274°08′
17	lg tg (MM)	0,68459	50	R	85°52′	57	ψ_{12}	75°03′
18	R	78°19′	55	$(O_{12}O_{56})$	274°08′	59	$(O_{56}O_{12})$	94°08′
25	(MM) +90	281°41′ +90°00′	58	±180° $(O_{56}O_{12})$	—180°00′ 94°08′	26 60	$Д\,(ОД)_{56}$ ψ_{56}	11°41′ 82°27′

$\psi_{12} = (ОД)_{12} - (O_{12}O_{56})$

$\psi_{56} = (O_{56}O_{12}) - (ОД)_{56}$

Вычислял *сержант Иванов*

(Бланк № 7)

ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕЛИ № 103

$\sin \alpha_{O_{12}} = -399$; $\sin \alpha_{O_{56}} = -203$

1	ψ_{56}	82°27′	2	ψ_{12}	75°03′
7	$-\alpha_{56}$	—11°43′	8	$+\alpha_{12}$	—23°31′
10	φ_{56}	94°10′	9	φ_{12}	51°32′
—	180°	179°60′	23	lg Δy	3,59636
11	$\varphi_{56} + \varphi_{12}$	145°42′	20	lg sin $(O_{12}Ц)$	$\overline{1}$,75134
12	δ	34°18′	17	lg $\overline{O_{12}Ц}$	3,84502
3	lg $\overline{O_{12}O_{56}}$	3,59718	21	lg cos $(O_{12}Ц)$	$\overline{1}$,91683
13	lg sin φ_{56}	$\overline{1}$,99883	22	lg Δx	3,76185
14	lg $(\overline{O_{12}O_{56}} \times$ $\times \sin \varphi_{56})$	3,59601	6	$y_{O_{12}}$	54950
15	$-$ lg sin δ	—1,75099	24	Δy	—3948
16	lg $\overline{O_{12}Ц}$	3,84502	26	$y_Ц$	51002
4	$(ОД)_{12}$	349°11′	5	$x_{O_{12}}$	20712
18	$+\alpha_{12}$	—23°31′	25	Δx	5779
19	$(O_{12}Ц)$	325°40′	27	$x_Ц$	26491

25 декабря 1956 г. Вычислял *сержант Иванов*

При расчетах координат целей можно все углы брать с точностью до 1 минуты. При решении задачи вычислительным способом пользуются данными только крайних акустических баз.

При создании соответствующих счетно-решающих приборов аналитический метод может найти себе более широкое применение.

ЗАДАЧИ К ГЛАВЕ VI

Задача 1. Рассчитать координаты точки *Д* и длину *l* для левой базы (рис. 104) при данных координатах звуковых постов: $x_б = 20\,890$; $x_в = 21\,105$; $y_б = 51\,625$; $y_в = 50\,485$ и при $m = 5$.

Задача 2. Согласно условиям задачи 1 рассчитать координаты точки *Д* при $m = 10$.

Задачи 3—6. Определить координаты цели смешанным методом:

№ задачи	Координаты точки	O_{12}	$Д_{12}$	O_{34}	$Д_{34}$	O_{56}	$Д_{56}$	№ цели	sin α_0		
									1—2	*3—4*	*5—6*
3	*x*	24359	22773	22103	21796	19715	21466	101	+ 98	+110	— 34
	y	60325	55582	60466	55476	60404	55720	102	—171	—168	—276
4	*x*	17258	19180	19771	20269	22622	20752	201	—215	—237	—374
	y	52861	57476	52450	57425	52908	57545	204	+347	+355	+197
5	*x*	88399	93289	88137	93125	88356	93070	301	—346	—107	—109
	y	17237	16198	13724	13373	10391	12054	304	+246	+468	+359
6	*x*	90016	90864	93302	91373	95827	92592	401	+148	+ 25	+ 91
	y	05275	10203	05712	10325	07167	10980	402	—302	—456	—348

Задачи 7 и 8. Определить координаты цели аналитическим методом:

№ задачи	№ звукового поста	*x*	*y*	№ цели	sin α_0	
					1—2	5—6
7	1	09581	41839	101	+139	+383
	2	10673	41559	102	—128	+148
	5	14699	41528	103	—341	— 72
	6	15758	41600	104	—226	+ 3
8	1	10505	66122	201	— 17	+191
	2	09779	66443	202	—214	— 69
	5	03557	66610	203	+136	+352
	6	02536	66478	204	— 83	+101

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ VI

1. Какие применяются методы определения координат целей?
2. В чем заключается сущность смешанного метода определения координат целей?
3. Когда применяются графический и смешанный методы определения координат целей?
4. Какой метод определения координат целей считается основным и почему?
5. Как производится построение углов по синусам?
6. Почему радиус построительной окружности берется равным 10 *см*?
7. В чем заключается сущность построения директрис при работе смешанным методом?
8. Как определяется длина базы *l* при графическом и при смешанном методах работы?
9. В чем заключается сущность аналитического метода работы и когда он применяется?

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ ГЛАВЫ VI

№ задачи	№ цели	Ответ	№ задачи	№ цели	Ответ
1	—	$x_Д = 26697$ $y_Д = 52130$ $l = 1160$	6	401	$x = 90180$ $y = 12730$
				402	$x = 93835$ $y = 12645$
2	—	$x_Д = 32397$ $y_Д = 53205$	7	101	$x = 11056$ $y = 49958$
3	101	$x = 22500$ $y = 52110$		102	$x = 13393$ $y = 49887$
	102	$x = 20300$ $y = 52785$		103	$x = 15257$ $y = 49211$
4	201	$x = 22622$ $y = 60520$		104	$x = 14604$ $y = 50312$
	204	$x = 17570$ $y = 60582$	8	201	$x = 06058$ $y = 57472$
5	301	$x = 96310$ $y = 12275$		202	$x = 03594$ $y = 57345$
	304	$x = 96810$ $y = 17580$		203	$x = 07695$ $y = 57712$
				204	$x = 05215$ $y = 57264$

ГЛАВА VII

ДЕШИФРИРОВАНИЕ ЛЕНТ

§ 1. ЗАДАЧА ДЕШИФРИРОВАНИЯ ЛЕНТ

В главе V мы рассматривали вопрос обработки лент и отсчетов в наиболее простых условиях работы звуковой разведки, когда на сравнительно большом отрезке ленты получаются записи, относящиеся к одной какой-либо звуковой волне. В этих условиях обработка лент заключается только в снятии отсчетов.

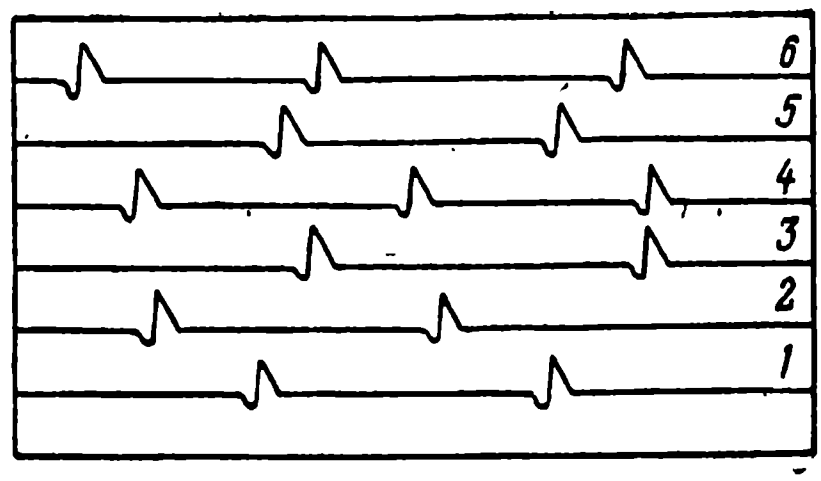


Рис. 108. Лента с записью нескольких звуковых волн

Значительно усложняется обработка лент при наличии большого числа звуков выстрелов и разрывов снарядов на поле боя, что имеет место в действительных боевых условиях работы звуковой разведки. В этих условиях на небольших отрезках ленты получаются обычно записи звуковых волн от нескольких целей, как это показано на рис. 108. Поэтому прежде чем снимать отсчеты, надо сначала дешифрировать ленту, отметить записи, относящиеся к каждой отдельной волне, и только после этого приступать к снятию отсчетов.

Условимся называть совокупность записей на ленте, относящихся к одной какой-либо звуковой волне, **системой записей.** Например, если для звуковой разведки развернуто шесть звуковых постов и на какой-либо огневой позиции противника, например, в точке $Ц_1$ (рис. 109), произведен один выстрел, то звуковая волна подойдет последовательно ко всем звуковым постам и соответствующие перья запишут нам эту волну, относящуюся к цели № 1. На рис. 110 записи этой волны отмечены цифрой 1. Записи данной волны и будут являться системой записей. Записи, отмеченные цифрой 2, принадлежат к другой системе, относящейся к цели № 2 (см. рис. 109).

Задача дешифрирования лент заключается, следовательно, в том, чтобы найти на ленте системы записей, относящиеся к той или иной

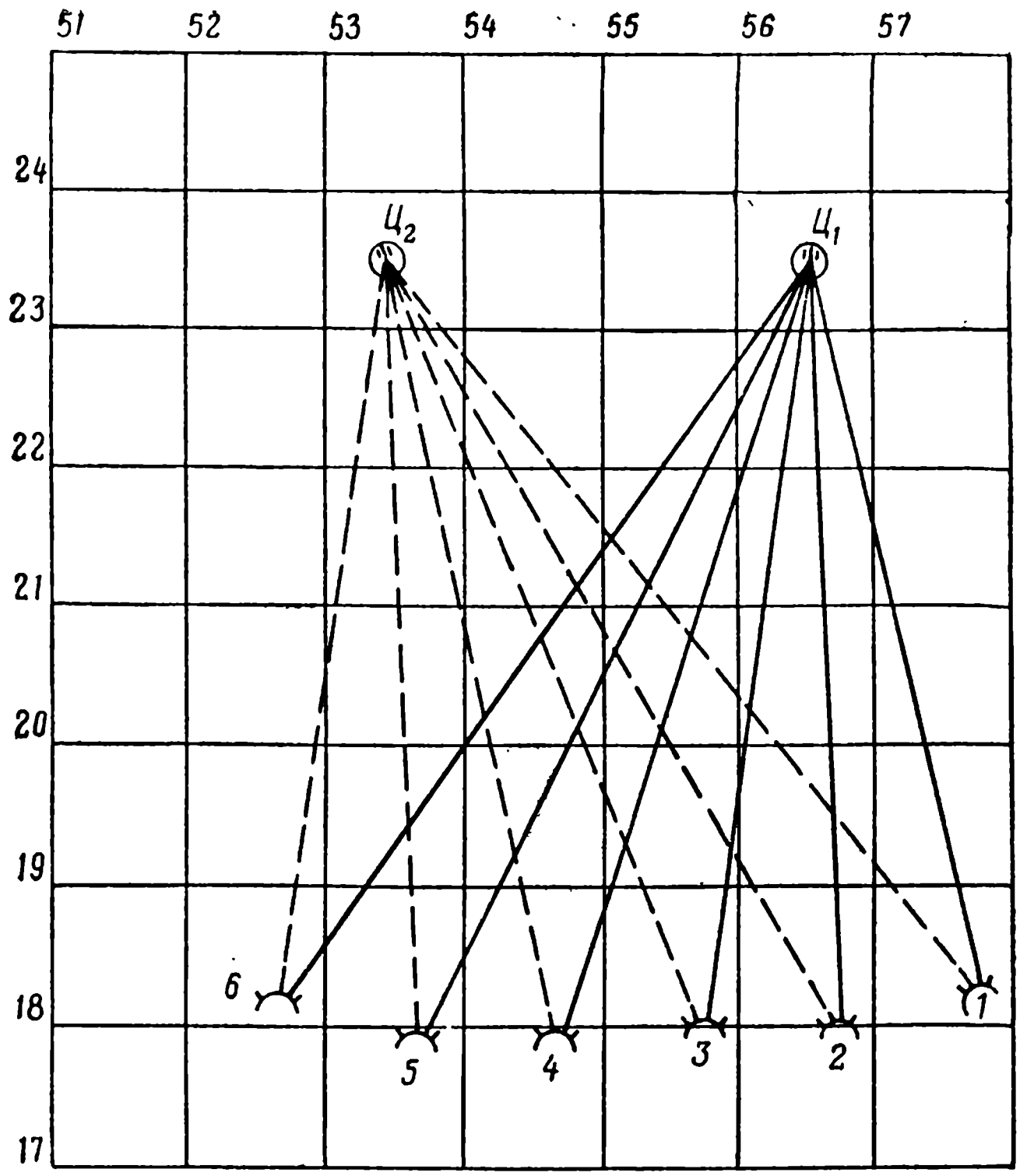


Рис. 109. Схема относительного расположения двух целей и шести звукоприемников

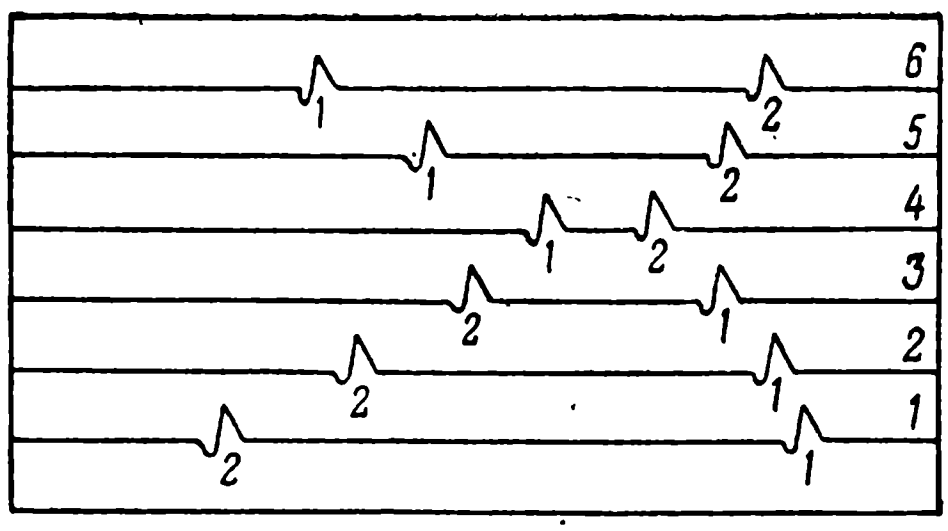


Рис. 110. Записи двух волн, полученных от целей, указанных на рис. 109

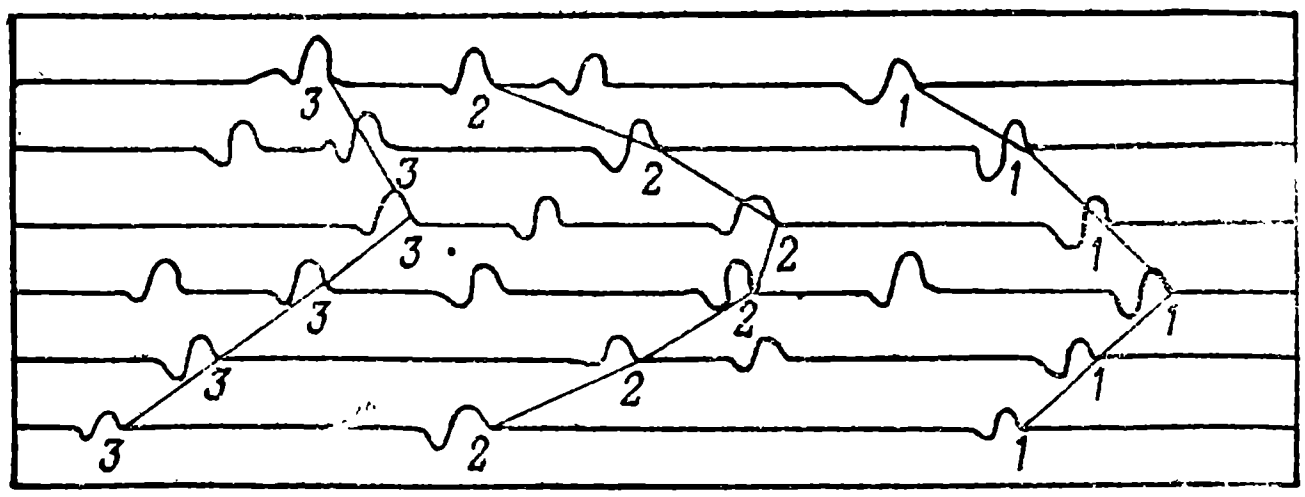


Рис. 111. Отдешифрированная лента с записями трех целей

разведываемой цели (к разрывам снарядов при корректировании огня своей артиллерии).

На рис. 111 показана отдешифрированная лента, на которой цифрами 1, 2 и 3 отмечены записи систем, относящиеся к трем различным целям.

§ 2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЕШИФРИРОВАНИЯ ЛЕНТ

Из предыдущих глав нам известно, что определение местоположения цели производится по разностям времени, получаемым с двух или более акустических баз. Каждому положению цели должны соответствовать с каждой базы определенные разности времени и, следовательно, определенное расположение записей на ленте.

Возьмем то же орудие противника, находящееся в точке $Ц_1$, и звукоприемники, расположенные так, как показано на рис. 109. Звуковая волна от выстрела этого орудия подойдет последовательно к каждому звукоприемнику, и на ленте мы получим систему записей этой цели. Если орудие будет продолжать вести огонь, то при одних и тех же метеорологических условиях будем получать каждый раз одну и ту же систему записей, в которой последние будут располагаться все время в одном и том же порядке, свойственном только данной цели при данном расположении звуковых постов. Если изменим положение звукоприемников, например, перенесем все звукоприемники или часть их в другие точки или изменим только положение цели, то получим другую систему, с другим порядком расположения записей. Например, пусть расположение звукоприемников останется прежним (см. рис. 109), но орудие возьмем другое, расположенное в точке $Ц_2$, левее первого. При выстреле из этого орудия получим свою систему записей, порядок этих записей в данной системе будет сильно отличаться от того порядка записей, который был в первой системе. Записи в системе, относящейся к точке $Ц_2$, отмечены на рис. 110 цифрой 2. И чем дальше орудие № 2 будет отстоять от орудия № 1, тем больше будет отличаться порядок расположения записей в одной системе от порядка расположения записей в другой системе.

Таким образом, при данном расположении звукоприемников каждому источнику звука (каждой цели или разрыву снаряда)

должна соответствовать одна вполне определенная система записей. Поэтому для выявления систем записей необходимо прежде всего знать хотя бы примерное расположение записей в этих системах.

Порядок расположения записей в системах и положен в основу геометрического метода дешифрирования лент.

Метод этот назван геометрическим потому, что расположение записей в системах зависит только от геометрической зависимости между расположением звукоприемников и целью при условии, что метеорологические элементы остаются постоянными.

Определение порядка расположения записей в системах

Представим себе, что нам известно местоположение цели, а также местоположение наших звукоприемников. Пусть цель находится в точке *Ц* (рис. 112), а звукоприемники в точках M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 и M_6. Возьмем первый звукоприемник за начальный и изобразим дугой положение фронта звуковой волны в момент подхода ее к этому звукоприемнику.

Из рис. 112 видно, что первый звукоприемник лежит ближе к цели, чем все остальные, поэтому к нему волна подойдет раньше, чем к другим звукоприемникам. Зная масштаб планшета и скорость

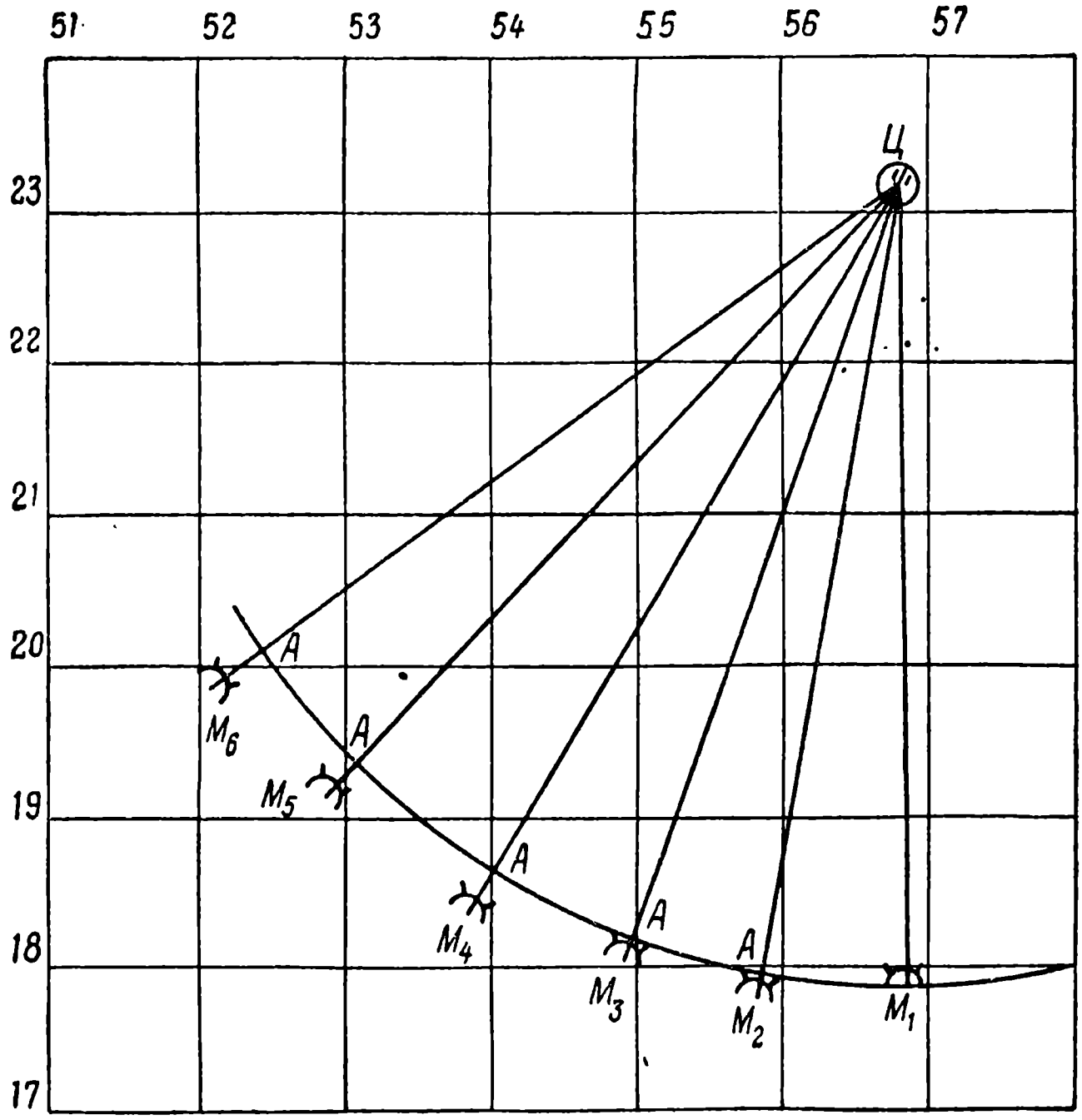


Рис. 112. Схема относительного расположения одной цели и шести звукоприемников

звука, нетрудно определить, через какие промежутки времени волна подойдет к остальным звукоприемникам, т. е. нетрудно определить разности времени прихода звуковой волны к остальным звукоприемникам по отношению к первому. Для этого достаточно измерить по планшету расстояния от цели до каждого звукоприемника, затем определить разности расстояний и разделить полученные разности на скорость звука при данной температуре.

Предположим, что расстояния от цели $Ц$ до звукоприемников оказались равными: $ЦМ_1 = 5100$ *м*, $ЦМ_2 = 5200$ *м*, $ЦМ_3 = 5250$ *м*, $ЦМ_4 = 5350$ *м*, $ЦМ_5 = 5400$ *м*, $ЦМ_6 = 5550$ *м*.

Разности расстояний будут равны:

$$r_{12} = ЦМ_1 - ЦМ_2 = 5100 - 5200 = -100 \text{ м}.$$
$$r_{13} = ЦМ_1 - ЦМ_3 = 5100 - 5250 = -150 \text{ м}.$$
$$r_{14} = ЦМ_1 - ЦМ_4 = 5100 - 5350 = -250 \text{ м}.$$
$$r_{15} = ЦМ_1 - ЦМ_5 = 5100 - 5400 = -300 \text{ м}.$$
$$r_{16} = ЦМ_1 - ЦМ_6 = 5100 - 5550 = -450 \text{ м}.$$

На рис. 112 эти разности представлены отрезками $АМ_2$, $АМ_3$, $АМ_4$, $АМ_5$ и $АМ_6$.

Разности времени τ определяются по формуле

$$\tau = \frac{r}{C}, \qquad (1)$$

где C — скорость звука при данной температуре.

Например, при $C = 333{,}3$ *м/сек* и при $r = 1$ *м* получаем $\tau = 0{,}003$ секунды. Зная теперь скорость движения ленты, можем разности, выраженные во времени τ, выразить в отрезках ленты, измеряемых в миллиметрах. В этом случае

$$\tau_л = \frac{r}{C} V, \qquad (2)$$

где $\tau_л$ — разности времени, выраженные в отрезках ленты (в миллиметрах);

V — скорость движения ленты.

При $V = 100$ *мм/сек*

$$\tau_л = \frac{r}{C} 100 \text{ мм}.$$

При $C = 333{,}3$ *м/сек* будем иметь

$$\tau_л = 0{,}3r \text{ мм}. \qquad (3)$$

Например, при $r = 1$ *м* $\tau_л = 0{,}3$ *мм*, при $r = 100$ *м* $\tau_л = 30$ *мм* и т. д.

Возьмем теперь отрезок ленты и проведем на нем вертикальную линию, перпендикулярную к верхнему (нижнему) срезу ленты (рис. 113). На линии первого пера нанесем запись с ее началом на этой вертикальной линии. При движении ленты вправо записи остальных звукоприемников расположатся левее записи первого

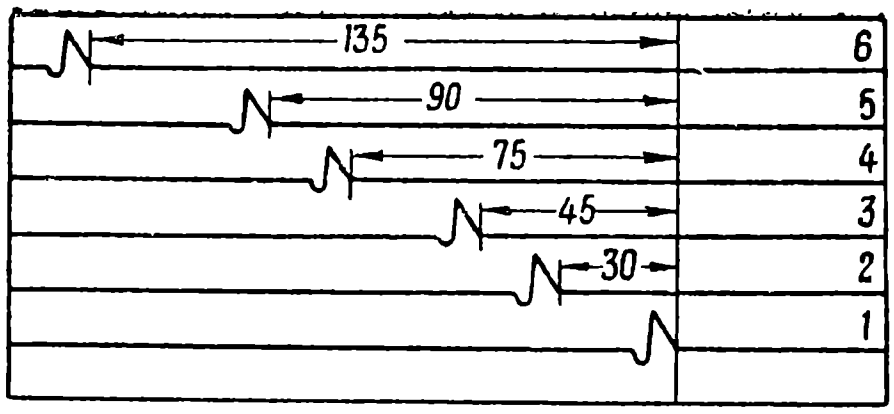


Рис. 113. Записи звуковой волны, соответствующей цели, указанной на рис. 112

звукоприемника, а именно: запись второго пера на расстоянии $\tau_л = 0{,}3 \cdot 100 = 30$ *мм*, запись третьего пера — на 45 *мм*, запись четвертого — на 75 *мм*, пятого — на 90 *мм* и шестого — на 135 *мм*.

Порядок расположения записей на ленте соответствует величине и знаку разности расстояний. В нашем случае все разности имеют знак минус, поэтому все записи расположились влево от записи первого пера. Если разности будут иметь знак плюс, то записи расположатся вправо от записи первого пера.

Таким образом, зная разности расстояний, скорость звука, скорость и направление движения ленты, мы всегда можем определить порядок расположения записей в данной системе. Если из орудия, стоящего в точке *Ц* (см. рис. 112), произвели выстрел, то записи дульной волны расположатся только так, как это показано на рис. 113. Иначе они расположиться не могут. Практически этим положением можно воспользоваться следующим образом. Предположим, что согласно указаниям предупредителя в районе точки *Ц* (см. рис. 112) находится батарея противника. Тогда наносят эту точку на планшет, рассчитывают относительно ее порядок расположения записей в системе и наносят их на ленту (см. рис. 113).

Получив теперь боевую ленту, находят на ней записи, порядок расположения которых сходен с порядком расположения записей на подготовленной ленте.

Если соединить начала записей какой-либо системы (цели) прямыми линиями, как указано, например, на рис. 111, то получим график данной системы. Графики более наглядно дают представление о расположении записей в системах.

Более подробно о практических приемах дешифрирования при помощи графиков будет сказано в § 6 настоящей главы.

Свойство записей фланговых точек данного участка местности [1]

При расположении целей на небольшом участке местности графики систем этих целей будут мало отличаться один от другого. Возникает вопрос: нельзя ли эти системы объединить в какие-либо группы (в семейства) и найти пределы расположения записей в этих системах.

Под семейством систем записей будем понимать совокупность систем, относящихся к целям, расположенным на каком-то ограниченном участке местности.

---

[1] Для сокращения письма условимся записи, относящиеся к системе записей какой-либо цели, находящейся в той или иной точке местности, в дальнейшем называть просто записями данной точки.

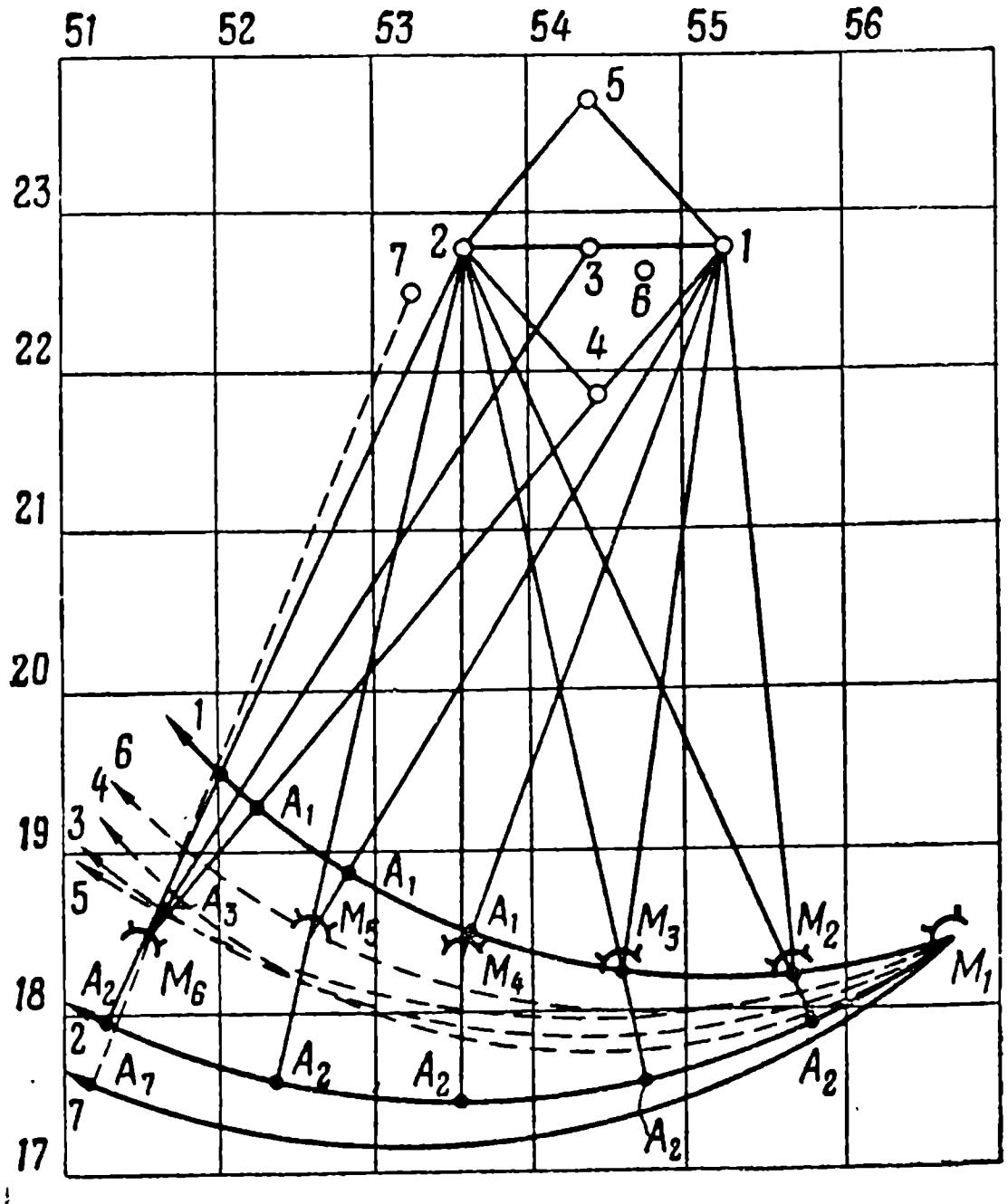


Рис. 114. Схема расположения целей, находящихся в четырехугольнике и в вершинах его, относительно звукоприемников

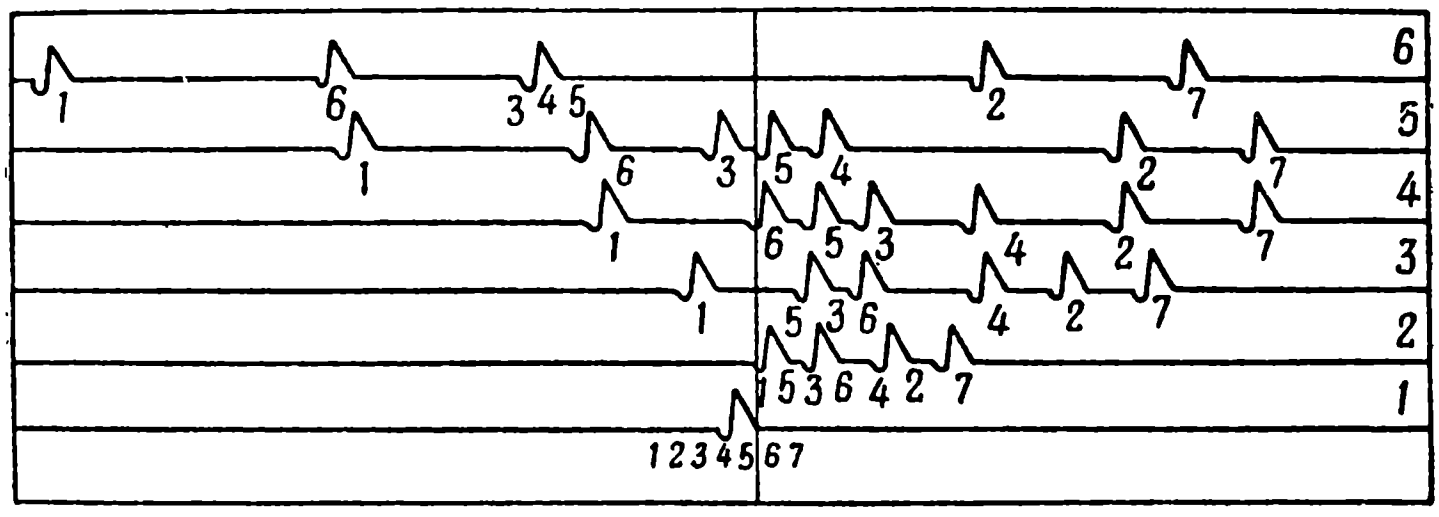


Рис. 115. Записи звуковых волн, соответствующие целям, указанным на рис. 114

Возьмем участок местности в виде четырехугольника с вершинами в точках *1*, *4*, *2* и *5* (рис. 114) и ознакомимся с взаимным расположением систем записей тех целей, которые могут находиться в этом четырехугольнике. Возьмем сначала цели, расположенные в точках *1* и *2*. Измерив по планшету разности расстояний для каждой точки относительно первого звукоприемника и рассчитав по формуле (3) величины $\tau_л$, нанесем записи этих точек на ленту. При этом начала записей на линии первого пера поместим в одну точку (рис. 115). Возьмем теперь точку *3*, лежащую посредине прямой, соединяющей точки *1—2*. Ввиду того, что точка *3* ле-

жит посредине между точками *1* и *2*, мы можем ожидать, что и записи, относящиеся к точке *3*, будут лежать на линии каждого пера посредине между записями точек *1* и *2*. И действительно, если на линии первого пера совместить начало записи точки *3* с началами записей точек *1* и *2*, то записи точки *3* на линии остальных перьев будут лежать примерно посредине между записями точек *1* и *2*.

Для доказательства этого положения обратимся к рис. 114. Из этого рисунка видно, что разности расстояний измеряются отрезками *AM*, заключенными между дугой, проведенной из данной точки через точку стояния первого звукоприемника, и точкой стояния соответствующего звукоприемника.

Например, разность расстояний от точки *1* до шестого и первого звукоприемников будет A_1M_6, до пятого и первого — A_1M_5 и т. д. Для точки *2* разности расстояний будут A_2M_6, A_2M_5 и т. д. Мы видим также, что дуга, проведенная из точки *3*, проходит посредине между дугами, проведенными из точек *1* и *2*, а следовательно, и разности расстояний для точки *3* будут равны полусумме разностей расстояний, взятых для точек *1* и *2*. Например, если измерить разность расстояний от точки *1* до шестого и первого звуковых постов (см. рис. 114), то она будет равна $A_1M_6 = -1200$ *м*. Подобно этому разность расстояний для точки *2* $A_2M_6 = +500$ *м*, следовательно, разность расстояний для точки *3* между расстояниями от нее до шестого и первого звукоприемника будет

$$A_3M_6 = \frac{-1200 + 500}{2} = -350.$$

Если мы измерим отрезок A_3M_6, то найдем, что он равен 350 *м*, а так как шестой звукоприемник лежит дальше от точки *3*, чем первый, то разность будет иметь знак минус. Согласно формуле (3) запись первой точки на линии шестого пера будет лежать левее вертикальной линии на 360 *мм* (рис. 115), а запись второй точки правее на 150 *мм*. Запись же третьей точки будет лежать левее на 105 *мм*, т. е. посредине между записями первой и второй точек, так как $\frac{-360 + 150}{2} = -105$. В соответствии с этим записи точки *3* на линии всех остальных перьев, кроме первого, будут также лежать примерно посредине между записями точек *1* и *2*. Если совместить записи точек *4*, *5* и *6* на линии первого пера с записями точек *1* и *2*, то записи точек *4*, *5* и *6* также будут лежать между записями точек *1* и *2*, так как дуги, проведенные из точек *4*, *5* и *6* через точку стояния первого звукоприемника, лежат между дугами точек *1* и *2* (см. рис. 114).

Если взять какую-либо точку в данном четырехугольнике и совместить начало записи этой точки на линии первого пера с началами записей точек *1* и *2*, то нетрудно убедиться, что записи этой точки на линии остальных перьев будут лежать между записями точек *1* и *2*. Для этого надо только провести дугу из данной точки через точку стояния первого звукоприемника. Дуга эта непременно должна пройти между дугами точек *1* и *2*.

Если же взять какую-либо точку, например, точку *7*, лежащую вне этого четырехугольника, то дуга ее, проведенная через точку стояния первого звукоприемника, будет лежать ниже дуги точки *2* (см. рис. 114).

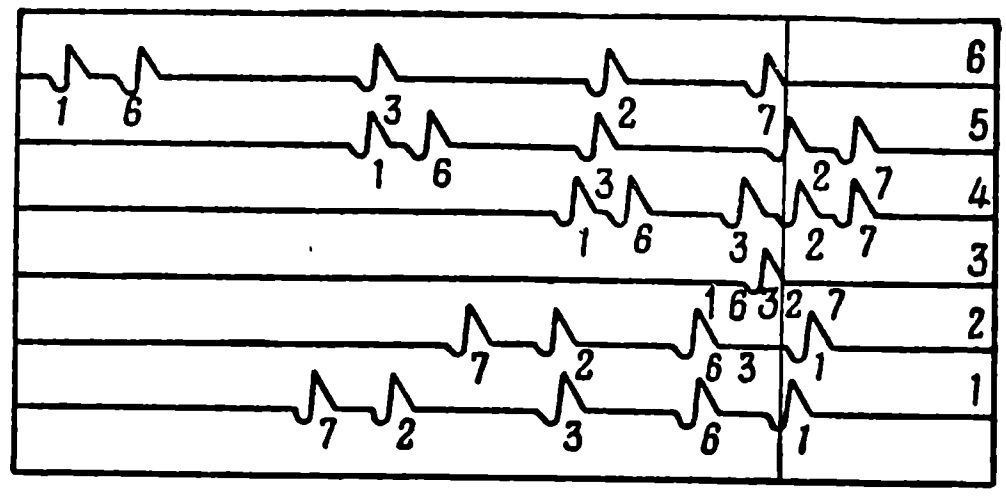


Рис. 116. Записи звуковых волн, соответствующие целям, указанным на рис. 114, при совмещении начал их на линии третьего пера

Значит, разности расстояний до точки *7* будут больше разностей расстояний до точки *2*, например, $A_7M_6 > A_2M_6$ (см. рис. 114), поэтому записи точки *7* будут лежать за пределами записей точки *2* (см. рис. 115). Из сказанного можно сделать следующий вывод: **при совмещении начал записей любой точки данного четырехугольника с началами записей точек *1* и *2* на линии первого пера все остальные записи этой точки на линии остальных перьев обязательно будут находиться между записями точек *1* и *2*.**

Точки *1* и *2* лежат на флангах данного четырехугольника, поэтому точки эти будем называть фланговыми точками. Следовательно, можем сказать, что записи фланговых точек обладают таким свойством: **при совмещении начала записей на линии первого пера записи фланговых точек на линии остальных перьев будут являться предельными для записей всех точек данного четырехугольника.**

Звукоприемник, относительно которого производится расчет разностей расстояний, а следовательно, и величин $\tau_л$, условимся называть **начальным,** а перо, соответствующее ему, **начальным пером.** Нетрудно заметить, что если за начальный звукоприемник взять не первый, а какой-либо другой и совместить начала записей данного семейства на линии пера соответственно выбранному звукоприемнику, то от этого свойство записей фланговых точек не нарушится. Записи этих точек также будут **предельными** для записей систем всего семейства, т. е. записи любой точки данного четырехугольника на линии других перьев будут находиться между записями этих фланговых точек. В этом легко убедиться, если сделать графики систем из разноцветных проволок и совмещать начала записей всех систем последовательно на линии каждого пера. На рис. 116 нанесены записи точек *1*, *2*, *3*, *6* и *7* соответственно рис. 114 при совмещении начал записей на линии третьего пера.

Разведываемый участок

Выше на примере фланговых точек произвольно взятого четырехугольника мы показали свойство записей этих точек по отношению к записям остальных точек этого четырехугольника.

Установим теперь действительную форму и размеры такого

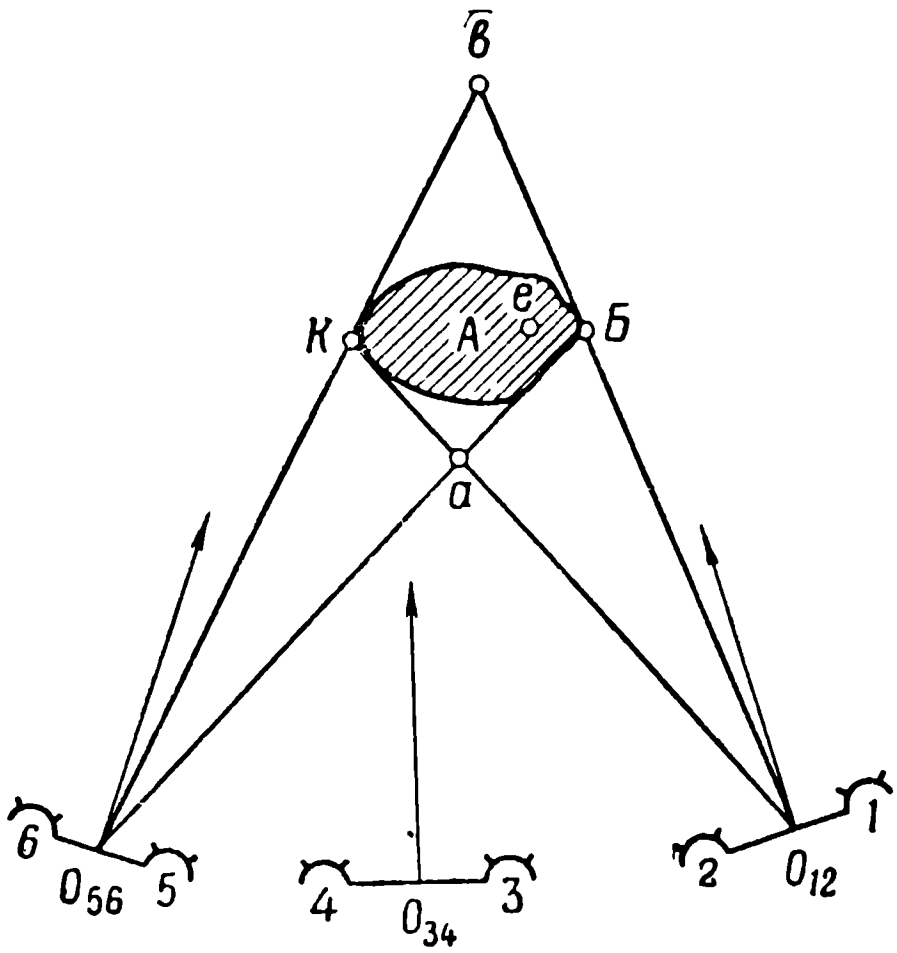


Рис. 117. Разведываемый участок, образованный касательными, проведенными из центров крайних акустических баз

участка местности, фланговые точки которого будут обладать указанным выше свойством.

Возьмем для этого какой-либо участок местности A (рис. 117) и из центров крайних акустических баз проведем к нему касательные. В пересечении этих касательных образуются четыре точки $а$, $К$, $в$, $Б$, которые будут являться вершинами искомого четырехугольника. Фланговые точки этого четырехугольника, т. е. **точки $Б$ и $К$, будут обладать тем свойством, что при совмещении записей на линии начального пера записи этих точек на линии остальных перьев будут являться предельными для записей всех точек данного четырехугольника.**

Следовательно, при совмещении записей на линии начального пера записи любой точки этого четырехугольника окажутся между записями точек $Б$ и $К$. Примером этого могут служить записи точки $е$ (рис. 118), расположенной в четырехугольнике на рис. 117.

В дальнейшем четырехугольник, образованный касательными, проведенными из центров крайних акустических баз к заданному участку местности, будем называть разведываемым участком.

То положение, что записи фланговых точек разведываемого участка $Б$ и $К$ будут предельными для записей всех точек данного разведываемого участка, нетрудно доказать путем следующих рассуждений.

Известно, что расположение записей в системах определяется разностями времени τ. Из формулы $\sin\alpha = \frac{\tau}{T}$ следует, что при дан-

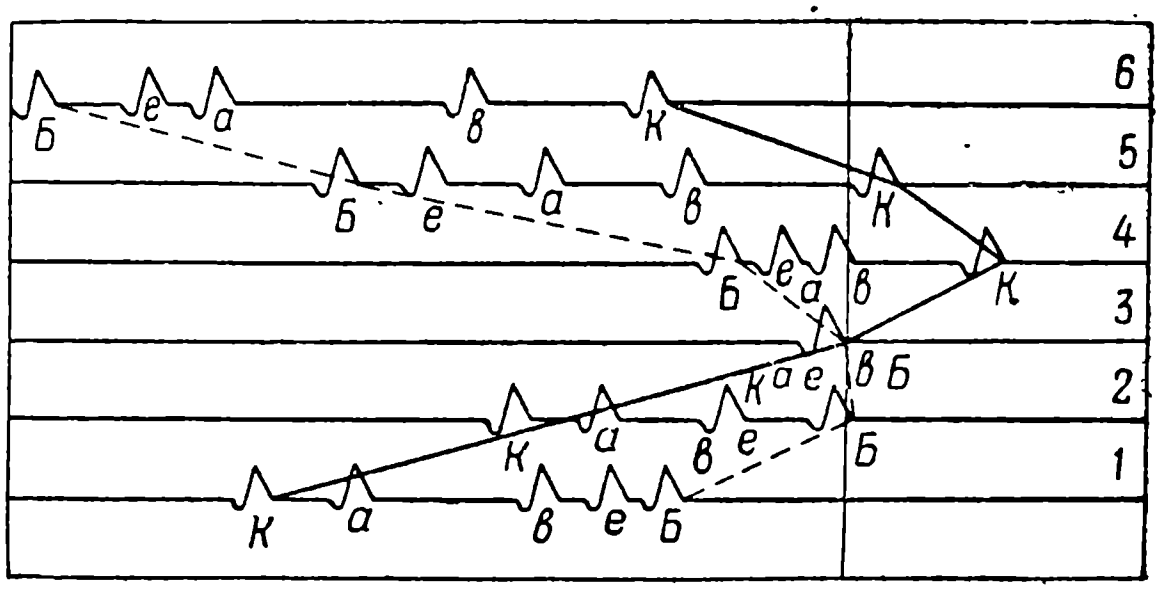


Рис. 118. Записи точек $а$, $в$ и $е$ оказались между записями точек $Б$ и $К$

ном значении T величина τ зависит от угла α. Чем больше угол α, тем больше будет величина τ, и наоборот. Возьмем на рис. 117 левую акустическую базу M_5M_6. Из рисунка видно, что по любой цели, находящейся в секторе $КО_{56}Б$, например, по цели, находящейся в точке $е$, величина отсчета τ_{56} будет меньше величины отсчета по точке $Б$ и больше величины отсчета по точке $К$. То же самое можно сказать и относительно правой базы M_1M_2, т. е. по любой цели, находящейся в секторе $КО_{12}Б$, отсчет τ_{12} по абсолютной величине будет меньше величины отсчета по точке $К$ и больше величины отсчета по точке $Б$.

Вообще, если разведываемый участок будет лежать справа от какой-либо директрисы, то мы можем написать что $\tau_к < \tau_i < \tau_Б$, где τ_i — отсчет по любой точке данного разведываемого участка. Если разведываемый участок будет лежать слева от директрисы, то по абсолютной величине $\tau_Б < \tau_i < \tau_к$. Так как отсчеты по любой точке разведываемого участка по своей величине получаются между величинами отсчетов по точкам $Б$ и $К$, то и записи данной точки будут лежать между записями точек $Б$ и $К$.

При прохождении директрисы через разведываемый участок (рис. 119) отсчеты по какой-либо точке этого участка (например, по точке $л$ или по точке $е$) по своей алгебраической величине получаются между величинами отсчетов точек $Б$ и $К$, поэтому записи данной точки также будут лежать между записями точек $Б$ и $К$.

Если теперь из точек $Б$ и $К$ провести через какой-либо звукоприемник дуги, то дуги, проведенные из любых точек разведываемого участка, окажутся между дугами, соответствующими точкам $Б$ и $К$.

Следовательно, при совмещении начал записей на линии какого-либо пера записи, соответствующие точкам $Б$ и $К$, действительно будут предельными по отношению к записям всех целей данного разведываемого участка.

Здесь же обратим внимание на следующее. Если разведываемый участок лежит справа от директрисы (см. рис. 119), то отсчеты по точкам $Б$ и $К$, а также по всем точкам этого участка будут положительные. Если же разведываемый участок лежит слева от директрисы, то отсчеты по точкам $Б$ и $К$, а также по всем точкам этого участка будут отрицательные.

Если директриса проходит через разведываемый участок, то отсчеты по точке $Б$ будут положительные, а по точке $К$ отрицательные. Отсчеты же по целям этого участка могут быть положительные и отрицатель-

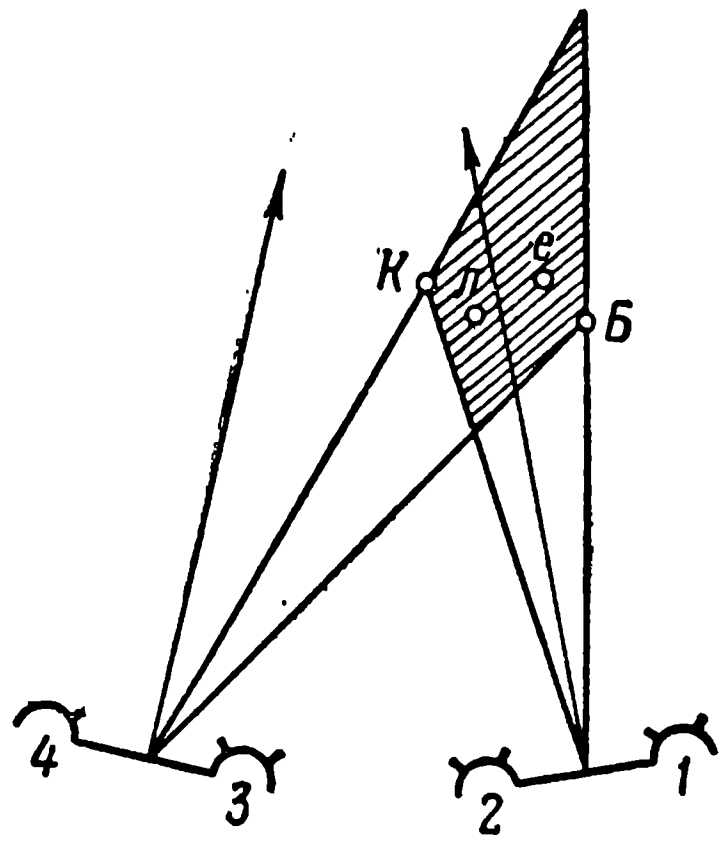


Рис. 119. Разведываемый участок лежит по обе стороны директрисы правой базы

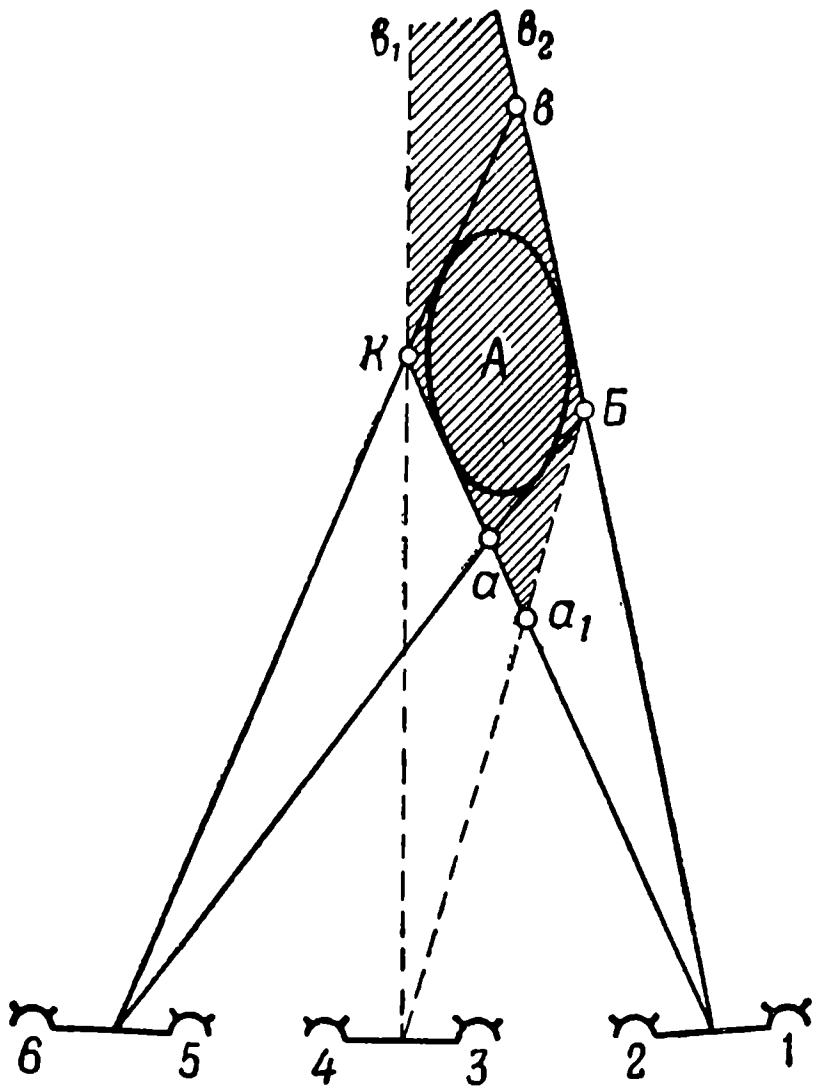


Рис. 120. Разведываемый участок, образованный касательными, проведенными из центров крайних и средней баз, больше разведываемого участка, образованного касательными, проведенными из центров крайних баз

ные. Абсолютная величина отсчета в этом случае с данной базы по любой цели разведываемого участка будет меньше отсчета по фланговой точке, лежащей вместе с данной целью по одну сторону от директрисы. Из рис. 119 видно, что отсчет по точке *е* меньше отсчета по точке *Б* и отсчет по точке *л* меньше отсчета по точке *К*.

Для определения величины разведываемого участка нет надобности проводить касательные из центров всех трех баз, для этого достаточно провести касательные только из крайних баз. Из рис. 120 видно, что разведываемый участок, образованный касательными крайних баз, всегда меньше разведываемого участка, образованного средней базой и одной из крайних баз.

Так, например, фигура *аКвБ*, образованная касательными крайних баз, меньше фигуры $a_1 К в_1 в_2 Б$, образованной правой и средней базами. А если записи систем целей, находящихся на большей площади, будут лежать между записями фланговых точек *Б* и *К*, то записи целей, находящихся на меньшей площади, безусловно, будут лежать между записями этих точек.

Так как записи точек *Б* и *К* при совмещении записей на линии какого-либо пера являются предельными для записей всех точек данного разведываемого участка, то отсюда следует, что **при совмещении начал записей любой точки разведываемого участка с записями точек *Б* и *К* на линии начального пера записи этой точки на линии остальных перьев будут лежать между записями точек *Б* и *К*** (см. рис. 118).

Это очень интересное положение используется при дешифрировании таким образом. Если при совмещении **начал записей на линии пера, взятого за начальное, все остальные записи какой-либо цели будут лежать между записями фланговых точек (*Б* и *К*), значит полученная система записей относится к цели, лежащей в данном разведываемом участке** (точка *е*, см. рис. 117 и 118).

Возьмем разведываемый участок (см. рис. 117) и нанесем записи фланговых точек *Б* и *К* на ленту, совместив записи на линии первого пера, вырежем окна между началами этих записей на линии каждого пера. На линии первого пера также вырежем небольшое окно (рис. 121).

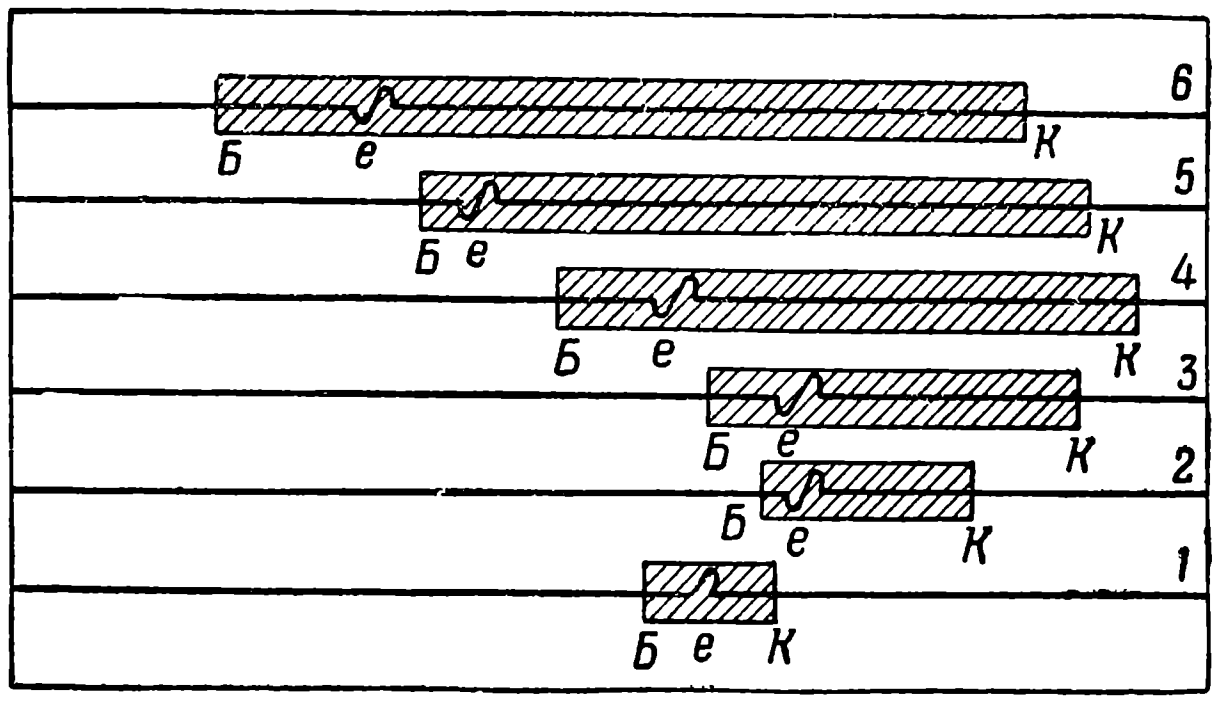


Рис. 121. Лента с вырезанными окнами. За начальный звукоприемник взят первый

Возьмем теперь боевую ленту с записями какой-либо цели и поместим ее под подготовленную нами ленту с вырезанными окнами так, чтобы запись первого пера оказалась в окне на линии этого пера. Если во всех остальных окнах окажутся записи боевой ленты, то значит эти записи принадлежат к системе какой-то цели, находящейся в заданном разведываемом участке. На рис. 121 видно, что в окнах оказались записи точки *е*, находящейся в разведываемом участке, представленном на рис. 117.

Лента с окнами, вырезанными между началами записей фланговых точек данного разведываемого участка, называется лентой-дешифратором.

Размеры разведываемого участка

В действительной боевой работе записи на ленте получаются довольно часто, поэтому чем больше размеры окон, тем больше может попасть в них ненужных записей, т. е. наряду с записями искомой цели могут попасть в окна записи других целей или разрывов снарядов, или, наконец, записи баллистических волн. Все это может сильно усложнить дешифрирование лент. Следовательно, окна не должны быть слишком большими.

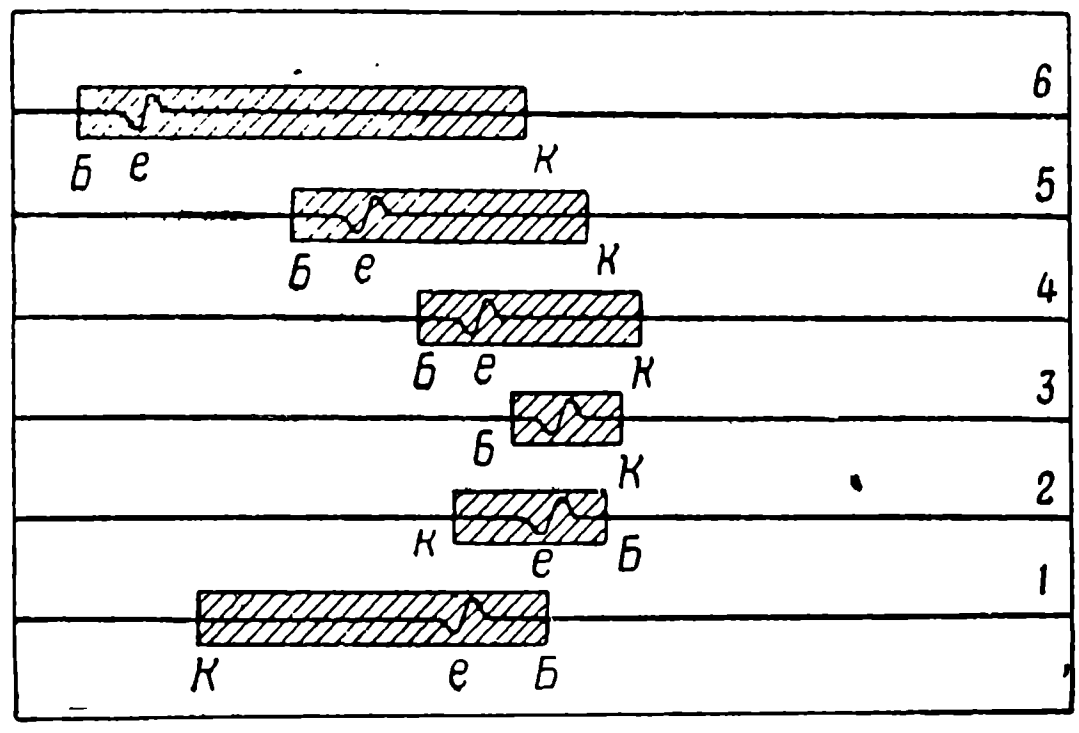


Рис. 122. Лента с вырезанными окнами. За начальный звукоприемник взят третий

Размеры окон зависят от ширины разведываемого участка, а также от того, какой звукоприемник берется

за начальный. Если брать за начальный какой-либо крайний звукоприемник, например, первый, то окно другого крайнего звукоприемника (на линии шестого пера) будет очень большим (см. рис. 121). Но окно крайнего, шестого, звукоприемника можно уменьшить за счет первого окна. Это можно легко сделать, если за начальный звукоприемник взять один из средних, например, третий или четвертый. При начальном, например, третьем звукоприемнике, начальное окно будет на линии третьего пера (рис. 122), поэтому окно верхнего пера (шестого) уменьшится за счет окна первого пера. Вследствие этого за начальный звукоприемник выгодно брать один из средних. Практически установлено, что ширина разведываемого участка (расстояние между точками *Б* и *К*) должна быть порядка 1-00—2-00, считая от середины геометрической базы. При таких участках величина окон крайних перьев будет порядка 10—20 *см*.

§ 3. СХЕМА РАЗВЕДЫВАЕМЫХ УЧАСТКОВ

При наличии свободного времени можно заранее подготовить несколько лент-дешифраторов для различных разведываемых участков. С этой целью вычерчивают схему разведываемых участков

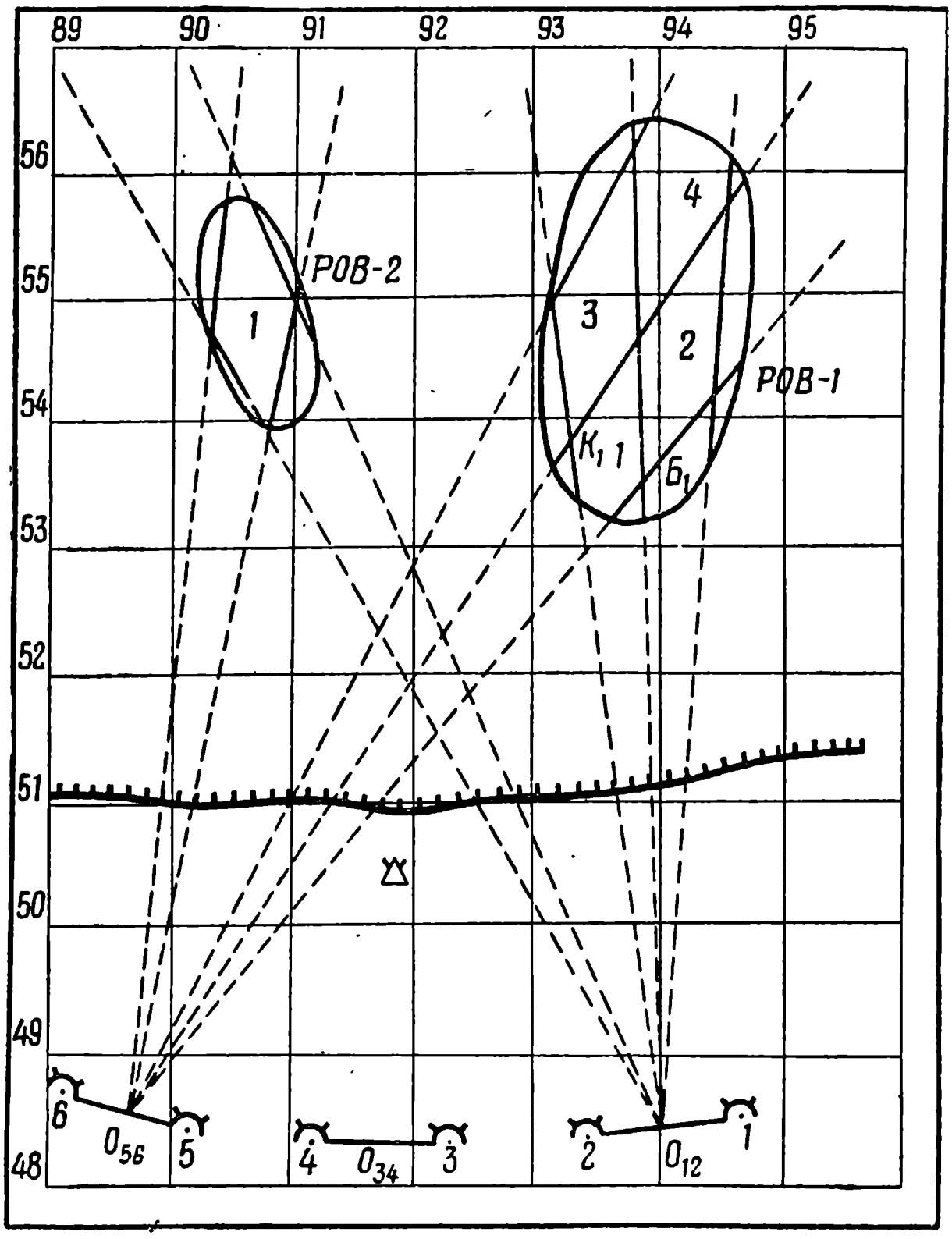


Рис. 123. Построение схемы разведываемых участков в районах особого внимания

(рис. 123). Для вычерчивания схемы разведываемых участков командир отделения дешифрирования накладывает кальку на рабочую карту, наносит на нее положение звуковых постов, поста предупреждения и районы особого внимания (РОВ), после чего строит схему разведываемых участков для каждого района особого внимания. Для этого из центров крайних акустических баз при помощи целлулоидного круга и линейки он прочерчивает прямые линии через 1-00—2-00 от правой фланговой точки до левой фланговой точки района особого внимания (см. рис. 123). Пересечения этих прямых может образовать сетку, состоящую из ромбовидных фигур, каждую из которых можно рассматривать, как разведываемый участок. Следовательно, район особого внимания может иметь один или несколько разведываемых участков (на рис. 123 РОВ-2 имеет один разведываемый участок, а РОВ-1 — четыре).

Построив схему разведываемых участков, командир отделения дешифрирования нумерует эти участки справа налево, а также по рубежам, начиная с ближнего, и приказывает старшему дешифровщику (дешифровщику) изготовить ленты-дешифраторы.

Один экземпляр схемы разведываемых участков (на восковке) можно передать на пост предупреждения. Имея на посту такую схему, ориентированную на местности, старший разведчик при засечке цели может сообщать на центральный пункт номер разведываемого участка, в котором, по его сведениям, находится цель. Согласно этим сведениям на центральном посту берут заготовленную ленту-дешифратор, соответствующую данному разведываемому участку, и при помощи ее производят дешифрирование.

§ 4. ПОДГОТОВКА ЛЕНТЫ-ДЕШИФРАТОРА

Подготовка ленты-дешифратора заключается:

— в расчете расположения начал записей в системах по двум фланговым точкам;

— в отметке начал записей на ленте;

— в вырезке окон согласно этим отметкам.

Перед отметкой начал записей предварительно проводят на ленте семь прямых линий по количеству перьев пишущего механизма или же протягивают ленту через пишущий механизм, в результате чего получают семь линий на ней.

Приведем пример на подготовку ленты-дешифратора, воспользовавшись для этого рис. 124, на котором показано два района особого внимания. Возьмем участок *1* первого района особого внимания (РОВ-1) и произведем работу при помощи построительной линейки. Работа должна выполняться в таком порядке: устанавливают построительную линейку с началом секундной шкалы на фланговой точке $Б_1$ первого разведываемого участка (см. рис. 124) той стороной кверху, на которой указано значение температуры (+15° или —10°), наиболее близкое к значению температуры воздуха при разведке целей.

Не отнимая конца линейки от точки $Б_1$, подводят линейку к точке начального звукоприемника и против нее прочерчивают ка-

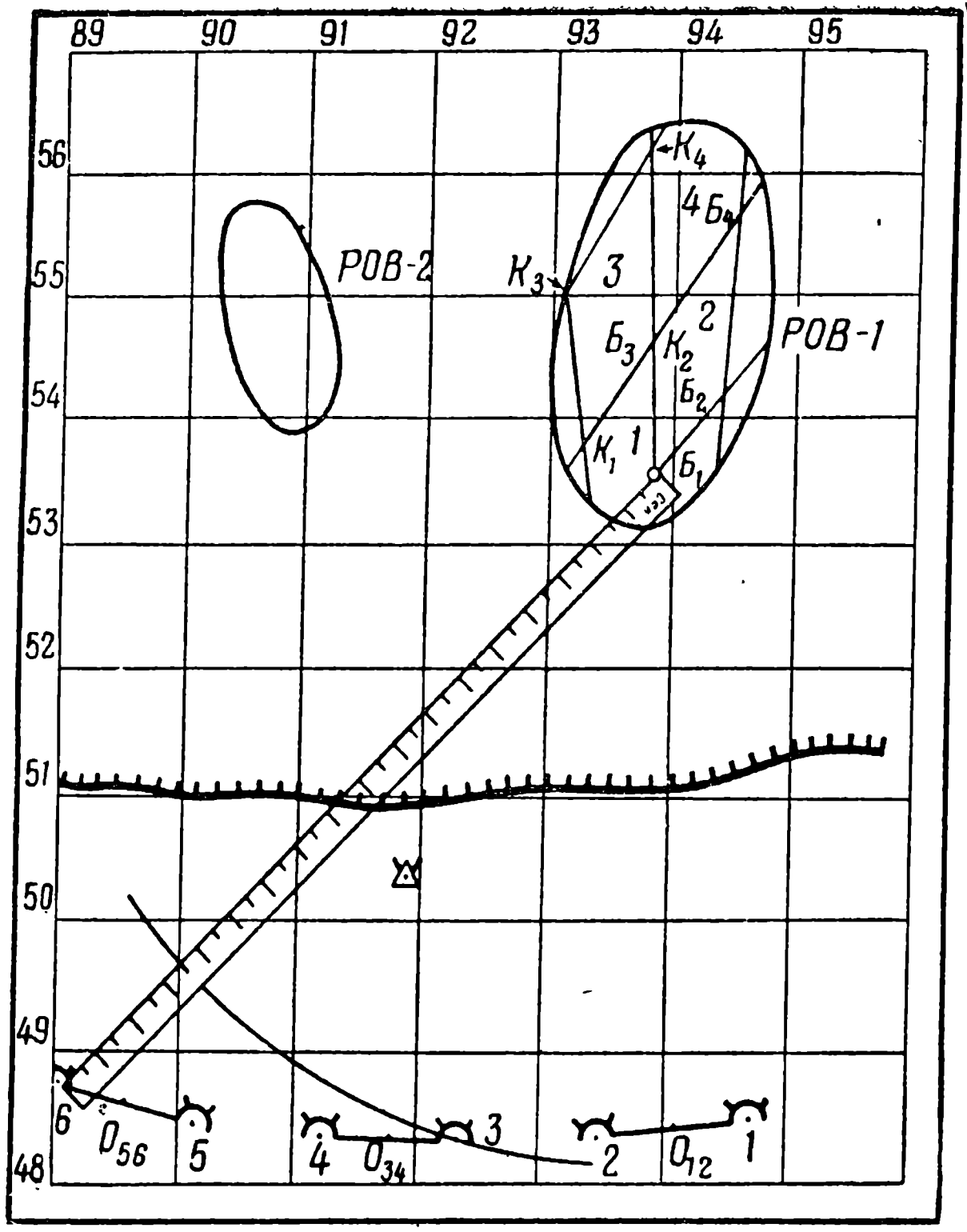


Рис. 124. Схема работы при помощи построительной линейки

рандашом на линейке риску (риску стирают при перестановке линейки на другую фланговую точку).

Затем подводят линейку поочередно к точке каждого звукоприемника и считывают число секунд (с точностью до одной десятой) между прочерченной на линейке риской и местом стояния звукоприемника, исходя из того, что одна десятая доля секунды соответствует 1 *см* на ленте.

Считанные и переведенные в сантиметры разности времени вписывают в бланк расчета ленты-дешифратора в столбце $Б_1$ (см. бланк на стр. 191).

Если к данному звукоприемнику звук приходит раньше, чем к начальному, то разность времени для этого звукоприемника выписывается со знаком плюс (+), а если позже, то со знаком минус (—).

Сняв все разности времени для точки $Б_1$, устанавливают построительную линейку на точку $К_1$ и повторяют те же операции для других разведываемых участков [1].

[1] Для удобства пользования линейками надо напаять сережку с отверстием у начала секундной шкалы каждой линейки.

(Бланк № 3)

БЛАНК РАСЧЕТА ЛЕНТЫ-ДЕШИФРАТОРА

№ разведываемого участка / № звукоприемника	1		2		3		4	
	Фланговые точки							
	$Б_1$	$К_1$	$Б_2$	$К_2$	$Б_3$	$К_3$	$Б_4$	$К_4$
1	+9	+6						
2	+7	+5						
3	0	0						
4	—13	—8						
5	—24	—18						
6	—35	—27						
Предупредитель	+44	+50						

22 мая 1956 г. Отсчеты снимал *ефрейтор Смирнов*

Пример. Изготовляется лента-дешифратор для разведываемого участка *1* (см. рис. 124 и 125) с фланговыми точками $Б_1$ и $К_1$.

Снятые и переведенные в сантиметры разности времени для обеих фланговых точек приведены в первых столбцах бланка № 3.

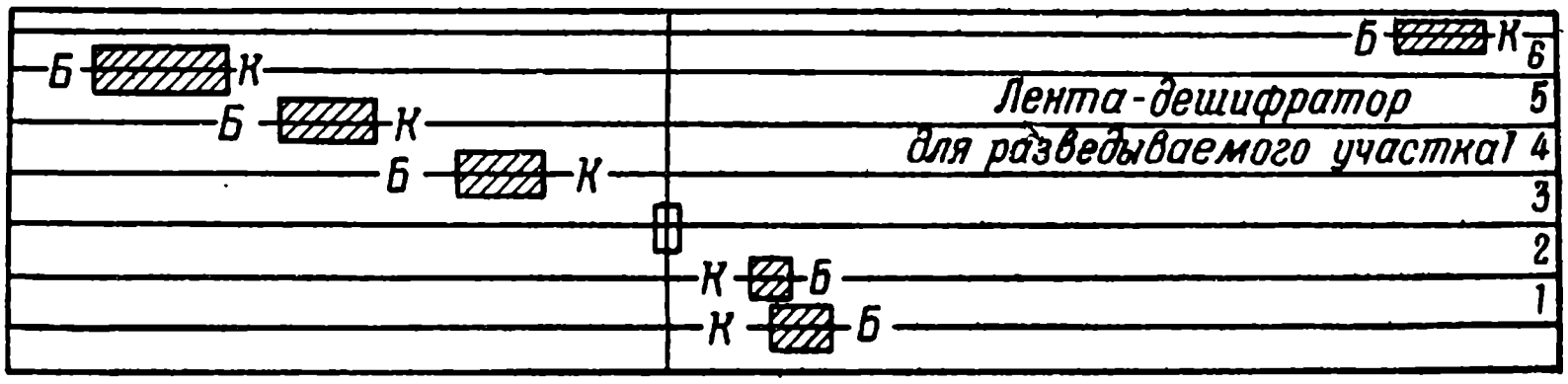


Рис. 125. Лента-дешифратор для разведываемого участка

Из их рассмотрения следует, что наибольшая отрицательная разность — 35 *см* (3,5 секунды). Поэтому на ленте с прочерченными прямыми линиями дешифровщик намечает точку примерно в 40 *см* от левого среза ленты, через нее проводит линию, перпендикулярную нижнему (верхнему) срезу ленты (см. рис. 125). Длина ленты должна быть взята на 10—20 *см* больше суммы наибольших абсолютных значений положительных и отрицательных разностей времени.

В примере сумма наибольших абсолютных значений разности времени равна 35+50=85; поэтому длина ленты-дешифратора должна быть около 100 *см* (85+15=100 *см*). Положительные отсчеты дешифровщик наносит вправо от вертикальной линии, отрицательные — влево.

На линии первого пера намечает точки вправо от вертикальной линии на расстоянии 6 и 9 *см* и проводит через них вертикальные линии (отрезки) длиной в 1 *см* (по 5 *мм* вверх и вниз от линии пера); соединяет верхние и нижние концы отрезков прямыми линиями.[1]

На левой и правой сторонах полученного прямоугольника делает соответственно крайним точкам разведываемого участка подписи (*Б*) и (*К*), как показано на рис. 125.

---

[1] Рис. 125 вычерчен в масштабе 1 : 8.

На линии второго пера наносит точки также вправо на удалении 5 и 7 *см* и также строит прямоугольник.

На линии третьего пера (начального звукоприемника) точки наносит вправо и влево от вертикальной линии на расстоянии ± 5 *мм* и тоже строит прямоугольник.

Точки на ленте для остальных звуковых постов и поста предупреждения наносит в таком же порядке. По сторонам начерченных прямоугольников вырезываются окна.

Для вырезки окон укладывают ленту на деревянную дощечку и острым ножом или лезвием безопасной бритвы вырезают окна между отметками начал записей на линии каждого пера. Ширина окон около 10 *мм*.

Число лент-дешифраторов заготовляют по числу разведываемых участков районов особого внимания. Нумеруют ленты согласно нумерации разведываемых участков.

При отсутствии построительных линеек подготовку ленты-дешифратора можно вести при помощи обычной линейки с миллиметровыми делениями.

Расчет расположения записей в системах на планшете при помощи миллиметровой линейки производится в такой последовательности.

Устанавливают верхний конец линейки (вернее, один из углов ее) у точки *Б* и у точки стояния начального звукоприемника ставят на линейку риску. Затем, не смещая верхнего угла миллиметровой линейки, подводят другой ее конец последовательно к точкам стояния остальных звукоприемников и отсчитывают по линейке разности расстояний в миллиметрах.

Определив разности расстояний в миллиметрах, переводят их в отрезки ленты $\tau_л$. Покончив с правой точкой, устанавливают линейку у точки *К* и против точки начального звукоприемника также ставят на линейку риску. Затем, повернув линейку, снимают разности расстояний в миллиметрах от точки *К* и переводят их в отрезки ленты $\tau_л$.

Разности расстояний, полученные в миллиметрах, переводят в отрезки $\tau_л$, выражаемые в сантиметрах, по формуле

$$\tau_л = \frac{r}{C} Vq, \qquad (4)$$

где r — разность расстояний в миллиметрах;
q — коэффициент, соответствующий масштабу планшета;
V — скорость движения ленты.

При масштабе планшета 1 : 25 000 одному миллиметру соответствует 25 *м*, поэтому $q = 25$ *м* в 1 *мм*. При $r = 1$ *мм*, $C = 333{,}3$ *м/сек*, $V = 100$ *мм/сек* и $q = 25$ получаем $\tau_л = 7{,}5$ *мм*.

Принимая среднее значение скорости звука при работе в зимних условиях $C = 325$ *м*, можно считать, что 1 *мм* будет соответствовать 8 *мм* ленты. При работе в летних условиях, полагая среднюю скорость звука $C = 340$ *м/сек*, можно считать, что 1 *мм* планшета будет соответствовать 7 *мм* ленты. С достаточной для практики точностью можно отрезки ленты брать в сантиметрах, и тогда получен-

ные разности в миллиметрах планшета надо умножить на 0,8 или на 0,7. Вычисление разностей в отрезках ленты лучше производить по бланку, форма которого дается ниже.

№ звукоприемника	*Б*		*К*	
	$r = Д_н - Д_i$	$\tau_{л\ 0,7\ r}$ *см*	$r = Д_н - Д_i$	$\tau_{л\ 0,7\ r}$ *см*
1	+13	+ 9	+ 9	+ 6
2	+10	+ 7	+ 7	+ 5
3	0	0	0	0
4	—19	—13	—11	— 8
5	—34	—24	—26	—18
6	—50	—35	—38	—27
Предупредитель	+63	+44	+71	+50

Если звукоприемники включены с пропуском какого-либо пера, то при подготовке ленты-дешифратора соответствующая линия пропускается, или, например, если третий звукоприемник включен в цепь катушки четвертого пера, а четвертый в цепь катушки пятого пера, то отметки соответственно для третьего звукоприемника устанавливают на четвертой снизу линии, а для четвертого звукоприемника — на пятой линии снизу и т. д.

Для проверки величины окон надо знать, что величина окна равна алгебраической разности между отрезками лент по точке *Б* и точке *К* на линии данного пера, например, величина окна на первом пере будет $+9 - (+6) = 3$ *см*, на втором пере $+7 - (+5) = 2$ *см* и т. д.

При расчете отрезков ленты $\tau_л$ скорость ветра обычно принимается равной нулю.

§ 5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ЛЕНТ

Для дешифрирования должны отрываться боевые ленты длиной не менее 1,5 *м*, так как короткие ленты неудобны при работе. При отрыве лент необходимо следить за тем, чтобы записи одной какой-либо системы не оказались на разных кусках.

Пользуясь сведениями с поста предупреждения, берут соответствующую ленту-дешифратор и производят дешифрирование, т. е. выявление систем записей, относящихся к целям данного разведываемого участка. По мере выявления систем записей данного разведываемого участка боевую ленту передают другому дешифровщику, который продолжает дешифрирование этой же боевой ленты, но при помощи ленты-дешифратора, заготовленной для другого разведываемого участка.

При дешифрировании ленты следует различать два случая. В первом, наиболее простом случае, в каждое окно ленты-дешифратора может попасть только по одной записи. Во втором, наиболее трудном случае, в одно или несколько окон может попасть по две или более записей.

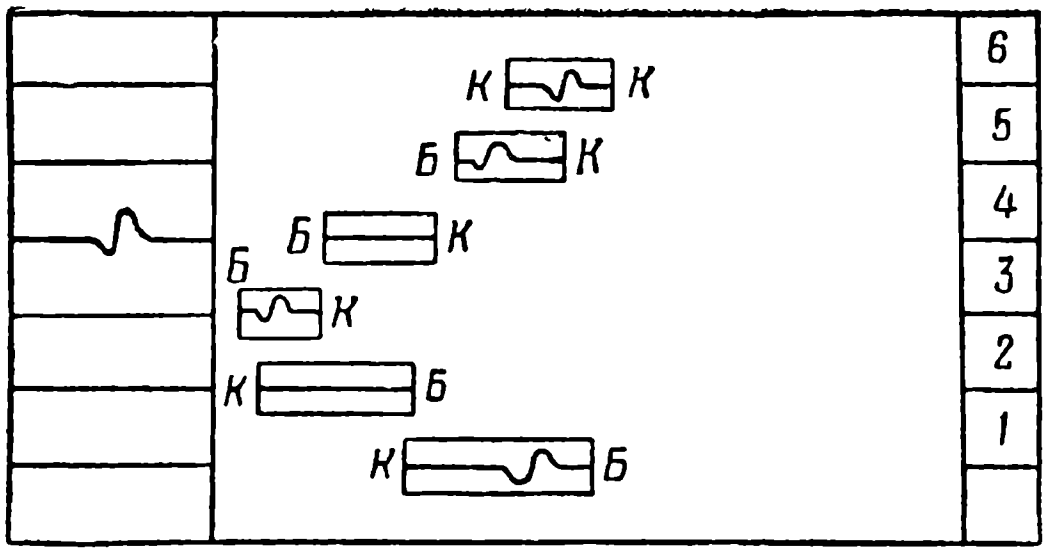


Рис. 126. Записи в окнах второго и четвертого перьев отсутствуют

Остановимся сначала на первом случае.

Получив боевую ленту для дешифрирования, накладывают на нее ленту-дешифратор так, чтобы первая (справа) запись начального пера попала в начальное окно, и проверяют, есть ли записи в остальных окнах ленты-дешифратора. При просмотре может оказаться, что записи попали не во все окна, а только в некоторые из них. Это означает, что запись начального звукоприемника не принадлежит к интересующей нас системе. Например, если наложить ленту, так, что правая крайняя запись начального звукоприемника окажется в начальном окне (рис. 126), то на линии второго и четвертого перьев записей в окнах не будет, следовательно, запись третьего пера не принадлежит к системе записей заданного разведываемого участка.

Затем продвигают ленту вправо до тех пор, пока следующая запись начального пера не покажется в начальном окне. Как только в начальном окне появилась запись начального пера, продвижение ленты останавливают и снова просматривают все окна. Допустим, что на этот раз в каждое окно попало по одной записи (рис. 127). Можно предположить, что полученные записи принадлежат к интересующей нас системе. В этом случае все записи данной системы отмечают цифрой 1, а на срезах окон ленты-дешифратора против начала каждой записи ставят отметки (см. рис. 127). После этого находят на ленте следующую запись начального пера, затем, быстро передвигая ленту вправо, устанавливают эту запись в начальное окно и снова смотрят, во всех ли окнах имеются записи. Если записи попали во все окна, отмечают их цифрой 2. Записи следующей системы будут отмечаться цифрой 3 и т. д., как это показано на рис. 111. Таким образом, записи каждой системы в отдельности будут отмечены порядковыми номерами данной системы. Но эти по-

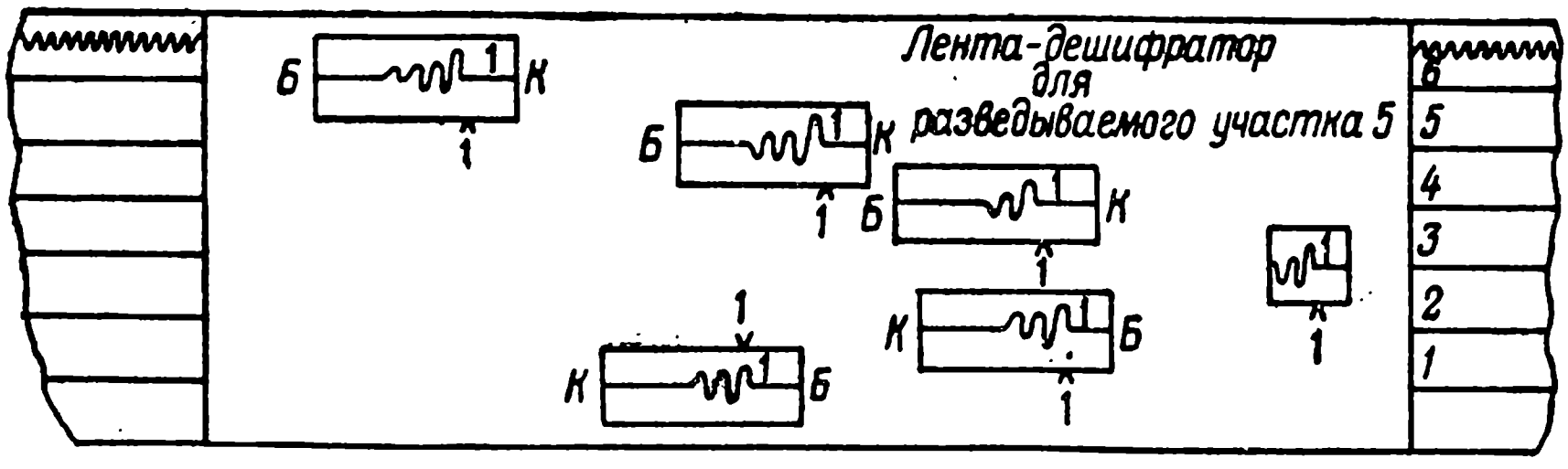


Рис. 127. Во все окна попало по одной записи. На срезах окон против начала каждой записи поставлены отметки

рядковые номера ничего общего с номером цели не имеют, их ставят для того, чтобы показать порядок выявленных систем; кроме того, снимающий отсчеты по этим номерам определяет, какие записи относятся к той или иной системе (звуковой волне). При наличии меток с поста предупреждения дешифровщик смотрит, попали ли эти метки в соответствующее окно. Если все записи какой-либо системы попали в окна ленты-дешифратора и, кроме того, метка с поста предупреждения также попала в свое окно (рис. 128), то это создает бо́льшую уверенность в достоверности этой системы [1].

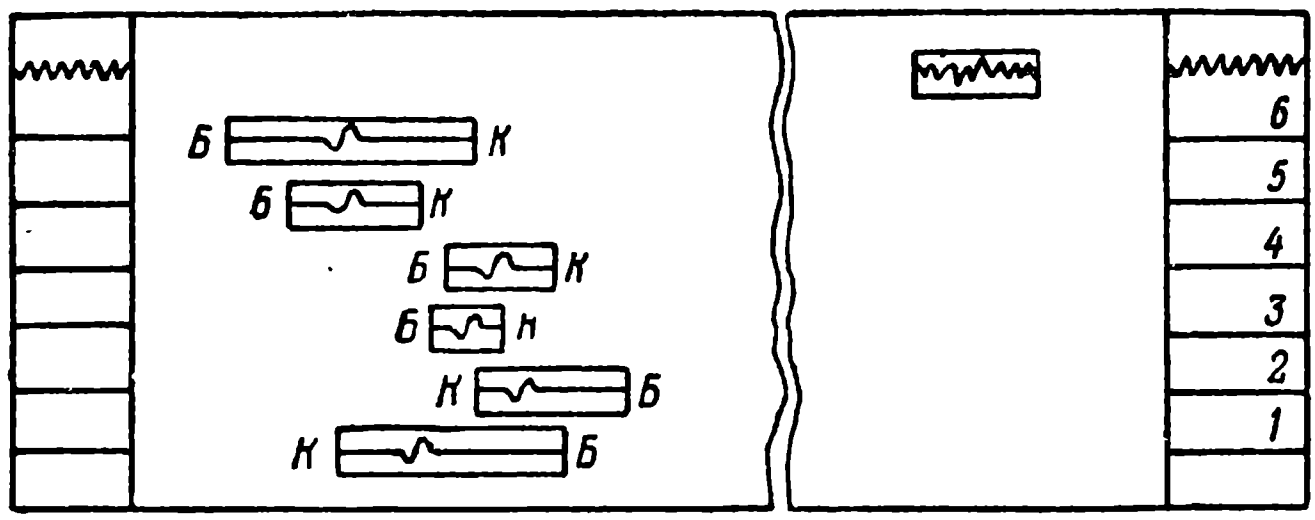


Рис. 128. Записи цели и отметки поста предупреждения попали в окна ленты-дешифратора

Рассмотрим теперь случай, когда в одно или несколько окон попало по две или более записей. В этом случае дешифровщику нужно работать особенно четко. Он должен принять во внимание и использовать все сведения о цели, все признаки, по которым ту или иную запись можно отнести к той или иной системе.

Необходимо принять во внимание сведения с поста предупреждения и метку с поста предупреждения, проверить расположение систем записей в окнах, посмотреть, к записям какой точки они расположены ближе, белой (*Б*) или красной (*К*), учесть правило знаков и величины отсчета, принять во внимание интервалы между записями орудий при стрельбе батареей и характер самих записей и, наконец, использовать поставленные отметки на срезах окон ленты-дешифратора.

Использование сведений с поста предупреждения

При дешифрировании лент сведения с поста предупреждения являются одним из основных элементов, облегчающих работу дешифровщиков. Особенно существенную помощь в работе дешифровщика оказывают сведения с поста предупреждения в условиях оживленной деятельности артиллерии как своей, так и противника. Старший разведчик поста предупреждения, ведя разведку по звуку и визуальную разведку, запускает регистрирующий прибор по звуку

[1] Метку с поста предупреждения надо принимать во внимание только в том случае, если запуск произведен по звуку, так как при запуске по блеску метка эта находится далеко от записей данной системы.

или по блеску выстрелов орудий (минометов) противника и одновременно сообщает по телефону характерные сведения о цели, которые записываются на боевой ленте (рис. 129).

Из рис. 129 видно, что по цели № 115 получена лента № 8 22 декабря в 14 час. 07 мин.; вела огонь 150-*мм* гаубица, расположенная в роще «Ступня», произведено 9 выстрелов с темпом огня 30 секунд выстрел. Кроме того, старший разведчик докладывает о том, что запуск произведен по звуку или по блеску. При виде блеска выстрела пост предупреждения сообщает дальность до цели, определяемую по секундомеру. Имея сведения с поста предупреждения о примерном местоположении цели, можно предположить, в каком порядке будут расположены записи этой цели. При пользовании меткой с поста предупреждения надо помнить, что метка эта

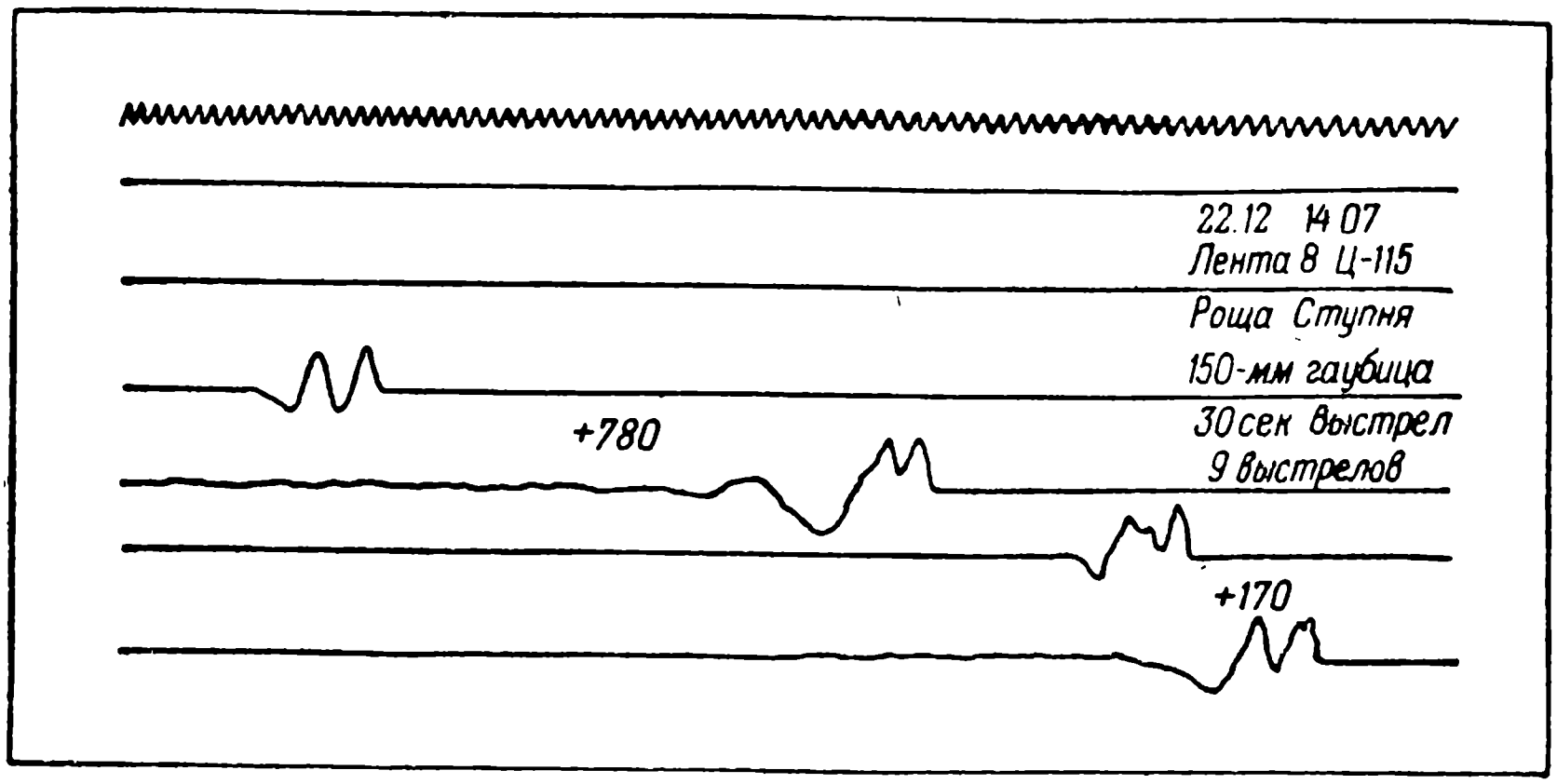


Рис. 129. Запись на ленте со сведениями с поста предупреждения

на записи камертонного пера может находиться на различном удалении от записей искомой цели, все будет зависеть от того, как был запущен регистрирующий прибор: по звуку или по блеску выстрелов. При запуске по звуку метка должна быть смещена примерно на 2 *см* вправо относительно рассчитанных меток для окон ленты-дешифратора. При запуске по блеску метка будет далеко вправо, поэтому старший разведчик обязательно должен сообщать, как был запущен прибор — по звуку или по блеску выстрелов. Например, если цель находится на удалении 4 *км* от поста предупреждения, то при $C = 333{,}3$ *м/сек* звук пройдет 4 *км* за 12 секунд, следовательно, метка будет впереди более чем на 120 *см* от записей звукоприемников.

Использование закономерности расположения записей систем в окнах

При изучении рис. 117 и 118 нетрудно заметить, что записи целей, лежащих на линии $Б — К$, получаются тем ближе к записям точек $Б$ и $К$, чем ближе к этим точкам находится цель (см., напри-

мер, записи точки *е* на рис. 118, которая на рис. 117 лежит ближе к точке *Б*). Этому закону подчиняются не только записи целей, расположенных на линии *Б — К*, но и записи целей, расположенных сравнительно недалеко от этой линии. Практически можно считать, что этому закону будут подчиняться записи целей, лежащих в горизонтально вытянутом эллипсе, как это показано на рис. 130. Записи же целей, лежащих в вертикально вытянутом эллипсе, будут подчиняться несколько другому закону. В данном случае записи точек, лежащих в верхней части эллипса, будут находиться

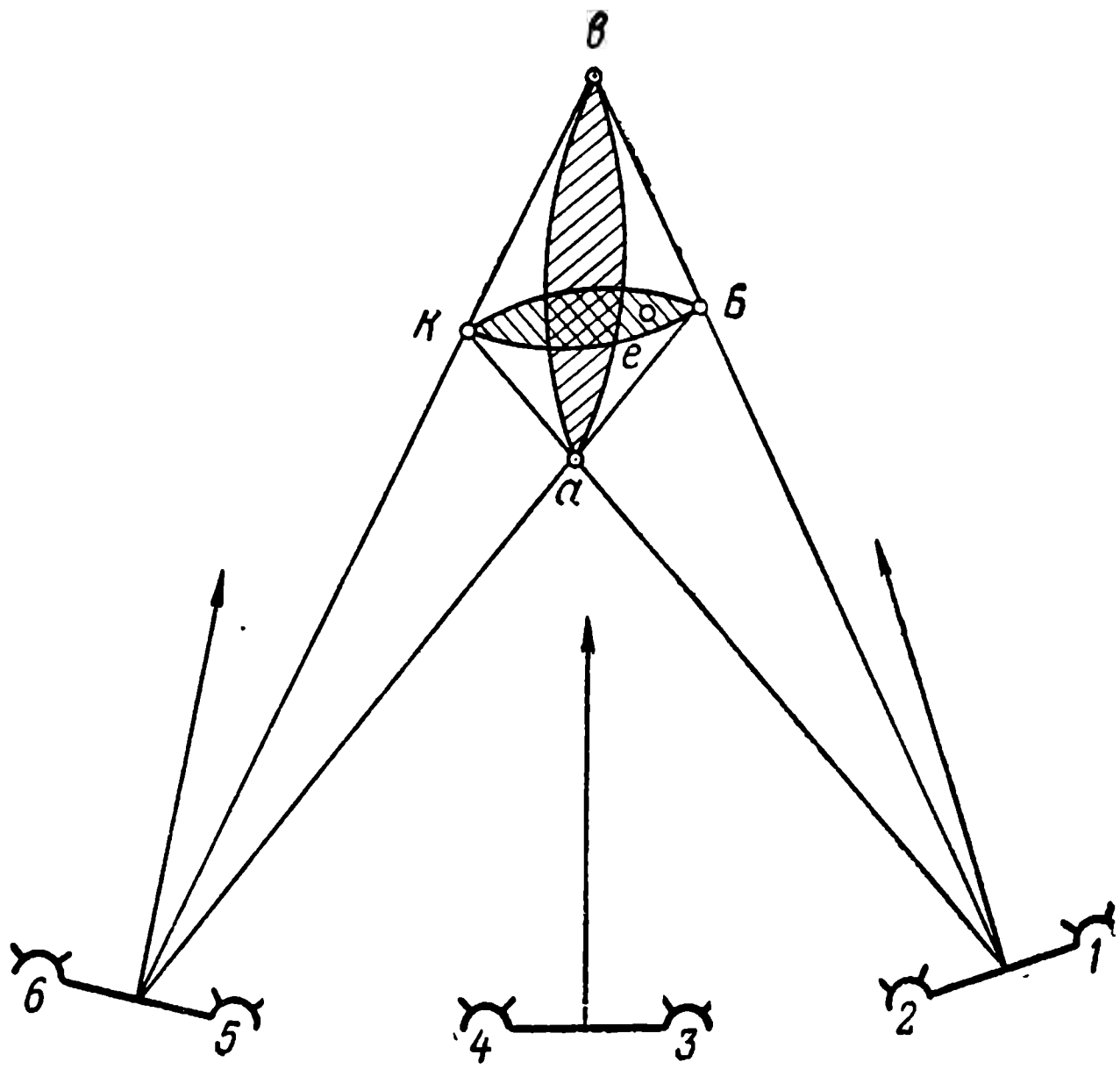


Рис. 130. Цели, расположенные в горизонтально и вертикально вытянутых эллипсах, дают записи, расположенные в определенном порядке относительно записей, соответствующих точкам *Б* и *К*

на линии первого и второго перьев ближе к записям точки *Б* (см. записи точки *в* на рис. 118, которая на рис. 117 лежит вверху разведываемого участка), а на линии пятого и шестого перьев — ближе к записям точки *К*, т. е. записи как бы смещаются вправо. Записи целей, лежащих в нижней части эллипса (см. запись точки *а* на рис. 118), как бы смещаются влево. Проследим это положение для записей точки *в*. Точки *Б* и *в* разведываемого участка лежат на одной прямой, проведенной из центра правой базы, а значит, и записи точки *в* на линии первого и второго перьев будут близко находиться к записям точки *Б*, но точка *в* лежит на той же прямой, что и точка *К*, значит, записи точки *в* на линии пятого и шестого перьев будут близко находиться к записям точки *К*. Подобным же образом можно проследить расположение записей и точки *а* относительно записей точек *Б* и *К*.

При получении сведений от старшего разведчика о примерном местоположении цели, зная закономерность расположения записей относительно записей точек *Б* и *К*, можно будет предусмотреть, как же будут располагаться записи данной цели относительно записей этих точек. Если, например, по данным старшего разведчика цель будет находиться недалеко от точки *Б*, значит записи ее на линии всех перьев будут ближе к записям точки *Б* и т. д.

Использование величины и знака отсчетов

Перед дешифрированием лент необходимо хорошо изучить расположение записей точек *Б* и *К* на ленте-дешифраторе, обращая особое внимание на величину и знак отсчетов по каждой крайней точке разведываемого участка с каждой акустической базы. Дешифровщик должен учесть, в каком положении находится разведываемый участок относительно директрисы. Если директриса проходит через разведываемый участок (см. рис. 119), то отсчеты по целям данного участка с этой базы могут быть положительные и отрицательные, но абсолютная величина их должна быть всегда меньше величины отсчетов той фланговой точки участка, которая вместе с данной целью лежит по одну сторону от директрисы, и если разведываемый участок лежит по одну какую-либо сторону от директрисы, то величина отсчетов по целям этого участка должна быть больше отсчета одной фланговой точки разведываемого участка и меньше отсчета другой фланговой точки; знаки отсчетов по цели в этом случае должны быть такие же, как и знаки отсчетов по фланговым точкам разведываемого участка. Величину и знак отсчета по крайним точкам можно определить по расположению окон на ленте-дешифраторе. Например, если посмотреть на расположение окон, показанное на рис. 131, то увидим, что отсчеты по крайним точкам с правой и средней баз отрицательные, а с левой базы для точки *Б* положительные и для точки *К* отрицательные. Следовательно, и отсчеты по любой точке заданного разведываемого участка также с первой и второй баз будут отрицательными, а с третьей базы могут быть отрицательными и положительными.

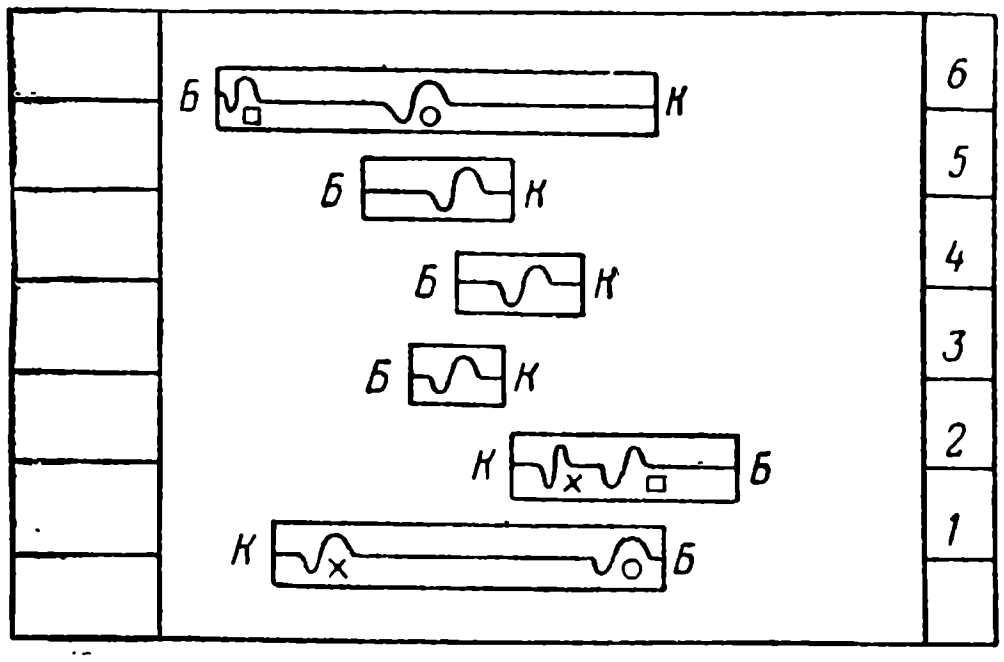


Рис. 131. Схема выявления записей какой-либо волны по величине и знаку отсчета

На рис. 131 в окнах на линии первого, второго и шестого перьев дано по дье записи; пользуясь правилом величины и знаков отсчетов, требуется определить записи, относящиеся к системе данного разведываемого участка.

Изучая расположение окон на ленте-дешифраторе (см. рис. 131), мы видим, что разведываемый участок лежит по левую сторону от директрис правой и средних баз и по обе стороны от директрисы левой базы. Применяя правило величин отсчетов для записей правой базы, можем сказать, что запись второго пера, отмеченная квадратиком, и запись первого пера, отмеченная кружочком, не могут одновременно принадлежать к интересующей нас системе. Отрезок ленты (отсчет), заключенный между ними, меньше отрезков между внутренними срезами окон точек *К* и *Б* (меньше отсчетов по точкам *К* и *Б*). Согласно тому же правилу запись второго пера, отмеченная квадратиком, и запись первого пера, отмеченная крестиком, также не могут входить в систему, так как отрезок ленты, заключенный между ними, больше отрезков между внутренними срезами

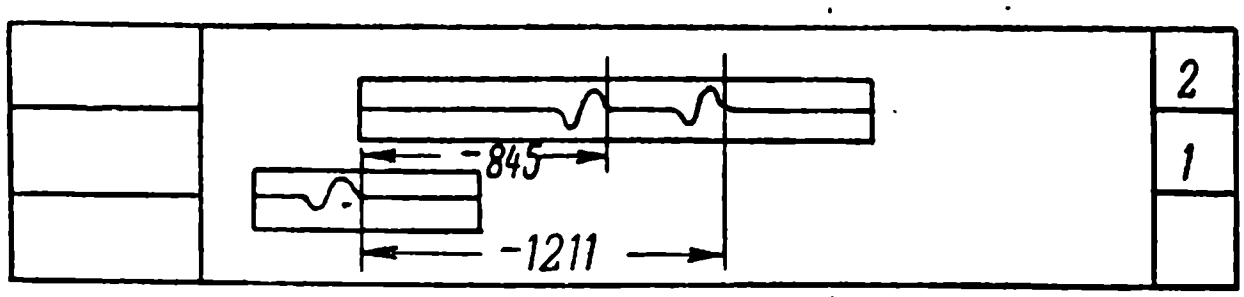


Рис. 132. Обе записи на линии второго пера включаются в данную систему

окон точек *К* и *Б*. Отсчет же по цели данного разведываемого участка должен быть меньше отсчета точки *К* и больше отсчета точки *Б*. Применяя правило знаков, следует сказать, что запись второго пера, отмеченная крестиком, и запись первого пера, отмеченная кружочком, не могут являться одновременно записями интересующей нас системы, так как в своем сочетании они дают отсчет положительный, отсчеты же точек *Б* и *К* являются отсчетами отрицательными, и только записи, отмеченные на линии первого и второго перьев крестиками, удовлетворяют обоим правилам (величине и знаку отсчета) и поэтому должны входить в интересующую нас систему. Отсчет, снятый по этим записям, будет отрицательным и по своей величине больше отсчета точки *Б* и меньше отсчета точки *К*.

Подобным же образом можно найти записи, входящие в систему на линии шестого пера. Запись, отмеченная квадратиком, не может входить в систему записей данного разведываемого участка, потому что в сочетании с записью пятого пера получаем величину отсчета больше величины отсчета точки *Б*, лежащей с ней по одну сторону от директрисы, и только запись, отмеченная кружочком, может входить в систему записей заданного участка.

Возьмем еще такой случай. Пусть на линии второго пера (рис. 132) имеются две записи. Оба отсчета, снятые между записью первого пера и обеими записями второго пера, подходят под правило знаков и правило величин отсчетов. В данный момент никаких других сведений о цели, кроме этих записей, нет. В этих условиях обе записи на линии второго пера относят к данной системе и для правой базы получают два отсчета, один $\tau = -845$ и другой $\tau = -1211$. Эти два отсчета так и записывают в бланк для снимаю-

щего отсчеты (бланк для записей снимающего отсчеты приведен в § 9 настоящей главы). А так как по каждой цели берется не менее трех — четырех отсчетов, то при получении последующих отсчетов по той же самой цели, очевидно, ложный отсчет отсеется, как неповторяющийся.

Использование интервалов между записями при стрельбе батареей

При стрельбе батареей записи на линии каждого пера от каждого орудия (батареи) располагаются на одних и тех же интервалах. Если мы рассмотрим рис. 133, то увидим, что интервалы между записями выстрелов первого и второго орудия равны примерно 2 *см*,

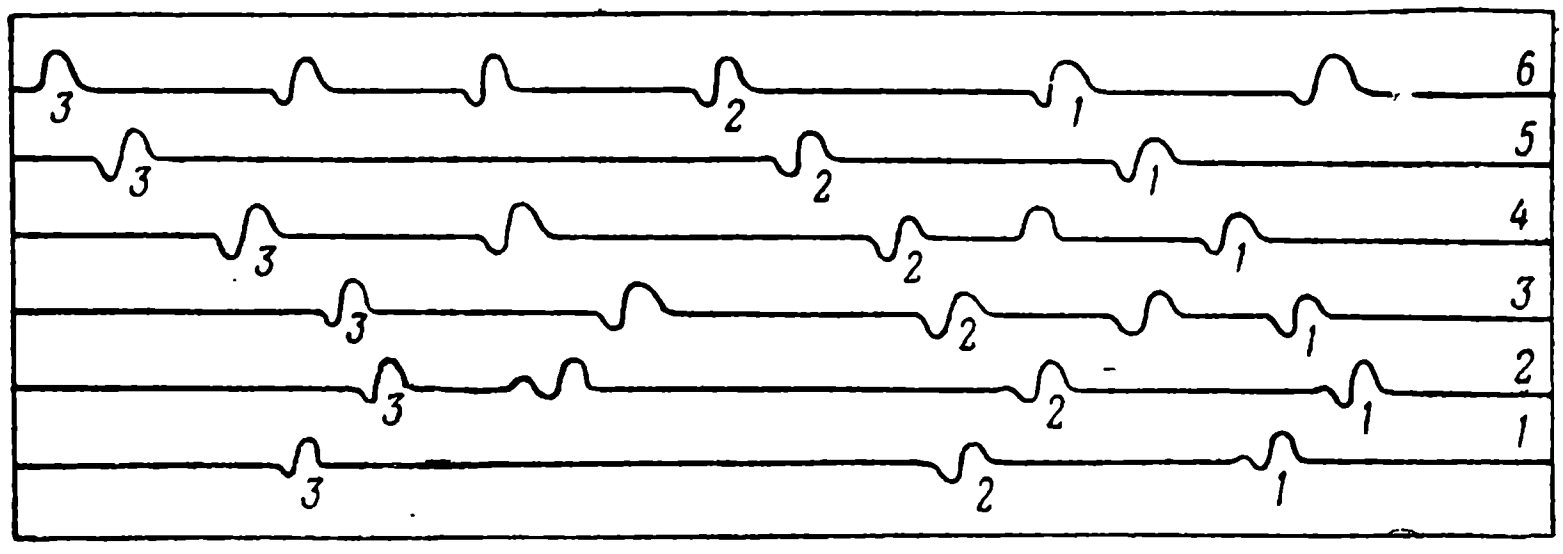


Рис. 133. Лента с записями, полученная при стрельбе трехорудийной батареи

а между записями выстрелов второго и третьего орудия — 5 *см*. Принимая во внимание эти интервалы и сравнивая их между собой на линии каждого пера, можно довольно быстро найти системы записей всех орудий данной батареи.

Действительно записи на рис. 133, не отмеченные цифрами, не принадлежат к орудиям данной батареи, так как интервалы между этими записями и любой другой записью на линии одного и того же пера не равны 2 или 5 *см*.

Кроме того, по числу записей, имеющих одинаковые интервалы на линии каждого пера, можно судить также о числе орудий на данной огневой позиции, т. е. в данной батарее.

Из рис. 133 видно, что на данной огневой позиции ведут огонь три орудия.

Использование характера записей

При дешифрировании лент необходимо учитывать характер записей, их амплитуды, количество и качество вершин и т. д. Если звукоприемники находятся в одинаковых условиях работы, то характер записей выстрелов или разрывов снарядов одних и тех же орудий будет примерно одинаковый.

Для лучшего учета характера записей дешифровщики должны хорошо изучить типичные записи дульных, баллистических волн и волн разрывов снарядов, получаемые в данных конкретных условиях работы. Записи дульных и баллистических волн своих орудий опознаются по их амплитудам. Обычно амплитуды этих записей велики. Так же опознаются и записи разрывов снарядов противника.

Использование отметок на ленте-дешифраторе

В сомнительных случаях дешифровщик может использовать отметки на срезах окон ленты-дешифратора (см. рис. 127). При последующих остановках ленты чужие записи не окажутся против отметок и тем самым будут отсеяны.

§ 6. ДЕШИФРИРОВАНИЕ ЛЕНТ ПРИ ПОМОЩИ ГРАФИКОВ

При отсутствии достаточного времени на подготовку ленты-дешифратора дешифрирование можно производить при помощи графиков систем записей, вычерченных на восковке или на куске ленты, взятой с регистрирующего прибора (см. рис. 111 и 118).

Расчет расположения записей для построения графиков производится так же, как и при работе при помощи ленты-дешифратора. При работе при помощи графиков рассчитывают и наносят записи на ленту или для одной какой-либо точки (предполагаемой цели или по центру района особого внимания) или же для ряда точек.

Дешифрирование производят путем сравнения расположения записей на лентах с расположением их на графиках, используя при этом все те указания, которые были даны в § 5 настоящей главы, т. е. используя сведения с поста предупреждения, величину и знак отсчета, характер записей и т. д.

Дешифрирование при помощи графиков имеет тот недостаток, что графики дают только примерное расположение записей данной цели и чем дальше будет находиться цель от точки, по которой рассчитан график, тем больше будет отличаться порядок записей в нем от порядка записей данной цели. Поэтому при дешифрировании при помощи графиков удовлетворительные результаты получаются только при сравнительно небольшом числе записей на ленте и при продолжительной тренировке дешифровщиков.

Преимущество графиков по сравнению с лентой-дешифратором заключается в том, что на подготовку графиков требуется времени несколько меньше, чем на подготовку ленты-дешифратора.

Графики также заготовляются заранее. Для этого всю полосу разведки разбивают по глубине на ряд полос, до 3—4 *км* каждая. В каждой такой полосе намечают точки, примерно через 1—2 *км* по фронту, и для каждой точки рассчитывают расположение записей на ленте, а затем согласно этим расчетам строят графики.

§ 7. ДЕШИФРИРОВАНИЕ ЛЕНТ ПРИ ПОМОЩИ ШАБЛОНОВ

Шаблоном является каждая полученная боевая лента с выявленной системой записи по какой-либо цели. Такие шаблоны лент применяются для выявления систем записей ранее обнаруженных целей. При наличии на такой ленте других записей можно записи данной системы скопировать на кусок ленты, взятой с регистрирующего прибора. На такой кусок ленты можно нанести записи одной, двух и более систем, отмечая их какими-либо знаками.

Шаблонами лент при дешифрировании пользуются так же, как и графиками. Но только графики вычерчиваются по предполагаемым целям, в то время как шаблоны получаются по действительным целям, с присущим им характером записей. Поэтому при дешифрировании лент по шаблонам используют порядок записей в системе и характер записей.

В сомнительных случаях накладывают шаблон на боевую ленту так, чтобы записи на шаблоне примерно совпали с записями на боевой ленте, и обе ленты просвечивают. При просмотре на просвет путем более точного совмещения записей на обеих лентах уточняют вопрос о принадлежности записей на боевой ленте к данной системе.

Расхождение между началами записей одной и той же цели не должно превышать 5—6 *мм*, если метеорологические условия за промежуток времени между получением шаблона и получением данной боевой ленты изменились незначительно.

Шаблоны лент используются также и при пристрелке по цели для более быстрого нахождения на ленте записей разрывов своих снарядов. Так как разрывы пристрелочных групп снарядов должны быть недалеко от цели, то порядок расположения записей от разрывов и характер их должны быть близки к порядку и характеру записей по пристреливаемой цели. Если метеорологические элементы за промежуток времени между засечкой цели и пристрелкой по ней изменились не более, как это указано на стр. 213, то совпадение записей на шаблоне с записями по разрывам будет свидетельствовать о том, что разрывы происходят у цели.

§ 8. ДЕШИФРИРОВАНИЕ ЛЕНТ В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОЙ СТРЕЛЬБЫ

В периоды усиленной артиллерийской стрельбы, например, в период артиллерийской подготовки атаки (нашей или противника) на ленте получается так много записей, что выбрать на ней какие-либо системы не представляется возможным (см., например, кусок ленты на рис. 134, полученный при одной из артиллерийских подготовок осенью 1943 г. на Ленинградском фронте). Но тем не менее в периоды огневых налетов противника довольно хорошо «ловятся» орудия и батареи, выскакивающие вперед по времени и отстающие после прекращения огня. Например, если какая-то артиллерийская группа открыла огонь ровно в 10 час. 10 мин., но одна из батарей открыла огонь несколько раньше — в 10 час. 9 мин. 15 сек., то этого

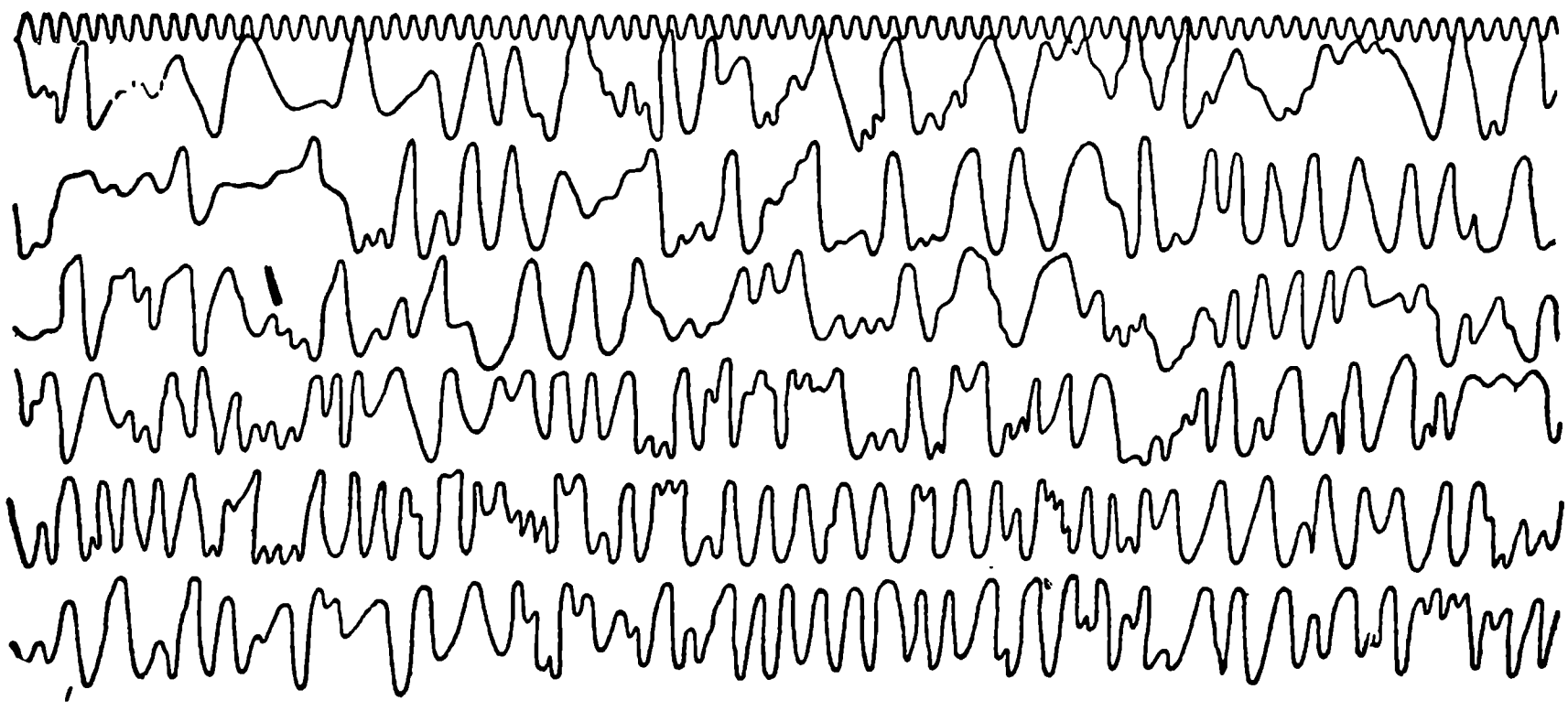


Рис. 134. Лента, полученная в период артиллерийской подготовки

вполне достаточно, чтобы обнаружить на ленте систему записей данной батареи. Задача старшего разведчика в этих случаях заключается в том, чтобы своевременно запустить станцию на выстрелы этой батареи. Та же картина примерно получается и при окончании огневого налета, когда отдельные орудия (батареи) запаздывают с прекращением огня. Нередко удается засекать батареи противника и в те редкие периоды затишья, которые иногда бывают во время артиллерийской подготовки.

§ 9. ГРУППИРОВАНИЕ ОТСЧЕТОВ

Отдешифрированная лента с отметками записей систем (см. рис. 111) поступает для снятия с нее отсчетов. Порядок снятия отсчетов изложен в главе V. Отсчеты, снимаемые с лент, на которых хорошо заметны записи отдельных целей, записываются непосредственно в бланк обработки отсчетов (см. бланк № 5 на стр. 143). При наличии «сложных» лент, с большим числом записей, снятые отсчеты переписываются предварительно с ленты в бланк снимающего отсчеты (см. бланк № 4), по записям которого и производится группирование отсчетов. Группирование отсчетов сводится к тому, что из всех отсчетов, снятых с одной или нескольких лент, выбирают или, как говорят, группируют отсчеты, относящиеся к отдельным целям. При этом по каждой цели, как правило, группируют не менее трех — четырех отсчетов с каждой базы. Только при наличии такого числа отсчетов с каждой базы можно считать, что цель засечена надежно.

При записи отсчетов в бланк заносится время действия цели. Время берется согласно записи на ленте. Отсчеты при группировании относят к одной и той же цели, если они с каждой базы одинаковы по знаку и незначительно отличаются по величине. Если цель находится в одной точке, например, отдельное орудие, то разброс в отсчетах при наличии хороших начал записей получается до 20 тысячных секунды. Под разбросом будем подразумевать раз-

ность в отсчетах между крайними значениями их. Например, по какой-то цели с правой базы получили отсчеты: 567, 575, 560 и 580; в данном случае разброс будет равен 20 тысячным секунды.

Если противник ведет огонь батареей, то разброс в отсчетах получается порядка 50—60 тысячных секунды. Разброс в этом случае обусловливается главным образом величиной фронта батареи независимо от того, как расположены орудия на огневой позиции. Например, если между крайними орудиями батареи расстояние по фронту будет равно 80 *м* и левое орудие будет находиться на директрисе, то по правому орудию батареи при дальности $Д = 5$ *км* угол α будет 0-16 делений угломера. Если взять базу во времени T, равную 3 секундам, то отсчет по правому орудию будет равен 45 тысячным секунды, так как $\sin\alpha = \frac{\tau}{T}$, откуда $\tau = T \sin\alpha$ при $\alpha = 0\text{-}16$ $\sin\alpha = 0{,}015$ и $\tau = 3 \cdot 0{,}015 = 45$ тысячным секунды. Если принять во внимание разброс вследствие быстрых изменений метеорологических элементов и ошибки снятия отсчетов, то общая величина разброса по данной батарее будет доходить до 50—60 тысячных секунды.

Таким образом, если разброс получается порядка 50—60 тысячных секунды, то отсчеты следует относить к одной цели.

Из сказанного также следует, что если разброс в отсчетах с каждой базы не превышает 20 тысячных секунды, то значит огонь ведет отдельное орудие, а если при хороших началах записей разброс получается порядка 50—60 тысячных секунды, то огонь ведет батарея.

При группировании отсчеты отдельных целей отмечаются номерами цели, как это указано в бланке снимающего отсчета. Из бланка видно, что, например, по цели № 101 получено по 8 отсчетов и по цели № 102 получено по 6 отсчетов с каждой базы. Отсчеты на лентах 4, 10 и т. д. не повторяются. При группировании могут встретиться случаи, когда на одной — двух базах отсчеты получаются одинаковыми, а на других базах они значительно отличаются между собой. Такие отсчеты группировать нельзя. Так, например, на левой и средних базах (см. в бланке снимающего отсчеты ленту № 12) получили отсчеты — 301 и 555, т. е. отсчеты по своей величине подходят к цели № 101, но на правой базе они значительно отличаются один от другого. Чтобы убедиться в достоверности отсчета с правой базы на ленте № 12, надо снова просмотреть эту ленту и проверить работу дешифровщика или же снимающего отсчеты.

В § 5 настоящей главы сказано, что если в окно ленты-дешифратора, например, в окно первого пера, попадает одна запись, а в окно второго пера попадают две записи и ни одной из них нельзя отдать предпочтение, то отсчеты снимают по одной и по другой записи, т. е. берут отсчеты между записями первого пера и одной записью второго пера и потом опять между той же записью первого пера и второй записью второго пера. Получают два отсчета и записывают их в бланк.

Подобного рода записи приведены в нашем бланке. Для правой

базы на ленте № 7 по цели № 101 имеем два отсчета: первый — 845 и второй — 1211. Очевидно, правильным отсчетом является первый из них, а второй снят ошибочно. То же самое видим и для цели № 102, где на ленте № 9 отсчет — 329 взят ошибочно. Из этих примеров видно, что при группировании ложные отсчеты легко обнаруживаются и во внимание не принимаются.

(Бланк № 4)

БЛАНК ДЛЯ ЗАПИСЕЙ СНИМАЮЩЕГО ОТСЧЕТЫ

15 июля 1956 г.

№ ленты	Время	№ цели или условный знак для систем, обнаруженных впервые	τ_{56}	τ_{34}	τ_{12}
1	10.15	101_1	—307	—587	— 856
1	10.15	101_2	—341	—551	— 830
2	10.16	102	—501	—689	—1200
3	10.18	102	—523	—696	—1235
3	10.18	101_1	—315	—590	— 858
3	10.18	101_2	—360	—560	— 840
4	10.20	⊙	—104	—371	— 415
5	10.22	101_1	—320	—580	— 865
6	10.25	102	—557	—693	—1241
7	10.26	101_1	—322	—582	— 845
					—1211
8	10.28	101_2	—351	—550	— 833
8	10.30	101_2	—342	—546	— 839
8	10.31	102	—515	—663	—1208
9	10.32	102	—535	—683	—1215
					— 329
10	10.33	Δ	+204	+517	— 205
11	10.35	102	—504	—671	—1241
12	10.37	—	—301	—555	—1252
13	10.38	—	—402	—	— 305

Отсчеты снимал ефрейтор ПЕТРОВ

При хороших началах записей и при достаточном числе отсчетов с каждой базы имеется возможность производить группирование отсчетов по каждому орудию в отдельности. Например, в нашем случае по цели № 101 получили 8 отсчетов. Если мы внимательно рассмотрим величины отсчетов, то увидим, что отсчеты, отмеченные индексом 1, принадлежат к одному орудию данной батареи, а отсчеты, отмеченные индексом 2, к другому орудию. Разброс в отсчетах по отдельным орудиям не превышает 20 тысячных секунды, разброс же по батарее (цели № 101) доходит до 53 тысячных секунды.

При группировании отсчетов по каждому орудию в отдельности надо также определять координаты каждого орудия в отдельности, в особенности при засечке орудий крупных калибров. Отдельные орудия данной цели можно отмечать в бланке снимающего отсчеты индексами, как это сделано в приведенном примере.

При плохих началах записей (при плохой слышимости, при сильном и порывистом ветре и т. п.) разброс в отсчетах и по отдель-

ному орудию может достигать 50 и более тысячных секунды. В этом случае, в особенности при малом числе отсчетов с каждой базы, нельзя выделить отсчеты, относящиеся к отдельным орудиям, и нельзя определить причину разброса, т. е. нельзя установить, происходит ли разброс вследствие плохих начал записей или вследствие того, что ведут огонь разные орудия данной батареи. В случаях подобного рода (при разбросе порядка 40—60 тысячных секунды) для получения точных координат число отсчетов с каждой базы желательно увеличивать до 6.

По цели № 102 (см. бланк) получили по шести отсчетов с каждой базы с разбросом до 56 тысячных секунды.

Число отсчетов по цели № 102 невелико, поэтому в данном случае трудно выделить отсчеты каждого орудия. Определение координат целей надо вести по среднему из всех шести отсчетов.

ЗАДАЧИ К ГЛАВЕ VII

По условиям задач требуется рассчитать расположение записей на ленте для изготовления ленты-дешифратора.
Масштаб планшета 1 : 25 000

№ задачи	№ звукового поста	x	y	№ участка	Точка K		Точка $Б$	
					x	y	x	y
1 $t_v = +5°$ Основной звуковой пост четвертый	1	30900	17185	1	29550	07350	28550	07355
	2	89830	17520	2	26465	07370	25430	07355
	3	28110	17570	3	24235	08410	23175	08440
	4	27100	17600					
	5	25135	17605					
	6	24170	17490					
2 $t_v = -10°$ Основной звуковой пост третий	1	22465	06685	1	26760	16495	27775	16460
	2	23475	06545	2	24510	18510	25765	18500
	3	25395	06465	3	29680	17720	00665	17700
	4	26335	06450					
	5	28220	06450					
	6	29250	06530					
3 $t_v = +30°$ Основной звуковой пост четвертый	1	21715	09280	1	26390	18420	27475	18450
	2	22685	08265	2	23870	17485	25295	17505
	3	24885	08140	3	28425	16690	29215	16670
	4	26085	07830					
	5	28490	07650					
	6	29435	07800					

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ VII

1. Что такое система записей?
2. В чем заключается задача дешифрирования лент?
3. Что положено в основу геометрического метода дешифрирования лент?
4. По какой формуле рассчитывается величина $\tau_д$?
5. Что такое график системы записей?
6. Что такое разведываемый участок?

7. Какой знак имеют отсчеты по любой точке разведываемого участка, лежащего по одну сторону от директрисы и по обеим сторонам ее?

8. Каким свойством обладают фланговые точки разведываемого участка?

9. Какова величина отсчета по любой точке разведываемого участка по сравнению с величинами отсчетов по точкам *Б* и *К*?

10. Что такое лента-дешифратор?

11. Каковы размеры разведываемого участка?

12. Как рассчитывается расположение начал записей на ленте-дешифраторе?

13. Что необходимо принимать во внимание для того, чтобы более быстро и надежно дешифрировать ленту?

14. Какие существуют закономерности в расположении записей относительно записей точек *Б* и *К*?

15. Как используются величины и знаки отсчетов при дешифрировании лент?

16. Как используются интервалы между записями орудий при стрельбе батарей?

17. Как используется характер записей при дешифрировании лент?

18. Как производится дешифрирование лент при помощи графиков?

19. Какие преимущества и недостатки дешифрирования при помощи графиков?

20. Что такое шаблоны лент и как они используются?

21. Для чего применяется группирование отсчетов?

22. Какой разброс получается по отдельному орудию при хороших началах записей?

23. Сколько отсчетов надо иметь по цели с каждой базы для того, чтобы получить точные координаты по ней и считать, что цель засечена надежно?

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ ГЛАВЫ VII

№ задачи	Разности $\tau_л$, *см*					
	№ участка	1		2		3	
	Точки *К* и *Б*	*К*	*Б*	*К*	*Б*	*К*	*Б*
1		+18	+ 7	—16	—26	—42	—51
		+10	+22	—14	—21	—32	—39
		+ 6	+ 3	— 3	— 5	—10	—13
		0	0	0	0	0	0
		—19	—14	— 3	+ 3	+11	+17
		—28	—21	— 4	+ 5	+16	+26
2		—18	—26	+ 2	— 7	—35	—41
		—11	—16	+ 2	— 4	—23	—26
		0	0	0	0	0	0
		+ 2	+ 5	— 4	— 1	+ 9	+11
		— 1	+ 8	—17	— 8	+21	+28
		— 4	+ 8	—25	—13	+26	+36
3		+ 9	— 4	+40	+21	—24	—33
		— 6	—16	+18	+ 3	—30	—36
		+ 6	+ 2	+14	+10	— 3	— 6
		0	0	0	0	0	0
		—11	— 4	—28	—19	+ 4	+10
		—13	— 3	—36	—24	+ 6	+15

ГЛАВА VIII

ОШИБКИ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

§ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЗАСЕКАЕМЫХ ЦЕЛЕЙ

Координаты целей, засекаемых звуковой разведкой, в зависимости от их точности разделяются на «точные» и «приближенные». Точность определения координат целей зависит:

— от способа работы;

— от точности топографической привязки звуковых постов;

— от качества записей на ленте или, вернее, от величины разброса отсчетов;

— от длины акустических баз;

— от углов засечки (углов при цели);

— от углов α.

Работа звуковой разведки может производиться следующими способами:

— с учетом распределения метеорологических элементов по высоте;

— с учетом наземных метеорологических элементов;

— с учетом систематической ошибки.

Точные координаты получаются при работе с учетом систематической ошибки, а также с учетом распределения метеорологических элементов по высоте с соблюдением следующих условий:

— звуковые посты в обоих случаях должны быть привязаны аналитическим методом;

— число отсчетов должно быть три — четыре при хороших началах записей (при разбросе до 20 тысячных секунды) и шесть при разбросе в 40—60 тысячных секунды;

— длины акустических баз должны быть 1—1,5 *км* [1];

— углы засечки (углы при цели) не менее 30°;

— углы α не более 40°.

Практика работы показывает, что при аналитическом методе привязки звуковых постов точные координаты получаются и при работе с учетом наземных метеорологических данных, если дальность засечки не превышает 3—4 *км*.

---

[1] О работе на коротких базах будет сказано в § 7 главы IX.

При соблюдении всех указанных выше условий срединная ошибка определения координат целей будет: по дальности порядка 1% $Д$ и по направлению порядка 4 делений угломера, где $Д$ — дальность до засекаемой цели от центра геометрической базы.

При неоднократном получении точных координат какой-либо цели независимо от способа работы за истинное значение их берется среднее арифметическое значение. Например, в течение нескольких дней работы при засечке одной и той же цели получили

$$\begin{aligned} x_1 &= 18510; & y_1 &= 56750; \\ x_2 &= 18550; & y_2 &= 56780; \\ x_3 &= 18570; & y_3 &= 56720; \\ x_4 &= 18500; & y_4 &= 56700; \\ x_5 &= 18520; & y_5 &= 56760. \end{aligned}$$

Истинное значение координат этой цели будет:

$$x_0 = \frac{18510 + 18550 + 18570 + 18500 + 18520}{5} = 18530;$$

$$y_0 = \frac{56750 + 56780 + 56720 + 56700 + 56760}{5} = 56742.$$

Если координаты какой-либо цели получены разными подразделениями звуковой разведки, но при условии, что эти подразделения дали точные координаты (например, координаты, полученные при работе с учетом систематической ошибки), то за истинное значение координат этой цели берут среднее значение их, рассчитываемое по координатам обоих подразделений.

Например, первое подразделение дало по четырем засечкам $x_{ср} = 18560$ и $y_{ср} = 59780$, а второе подразделение дало по пяти засечкам $x_{ср} = 18510$ и $y_{ср} = 59720$.

За истинные значения координат цели надо брать:

$$x_0 = \frac{18560 \times 4 + 18510 \times 5}{9} = 18532;$$

$$y_0 = \frac{59780 \times 4 + 59720 \times 5}{9} = 59747.$$

С увеличением количества засечек [1] срединная ошибка определения координат несколько уменьшается.

Во всех остальных случаях работы координаты целей получаются п р и б л и ж е н н ы м и, так как ошибки в определении этих координат значительно превышают нормы, указанные выше. Среднее арифметическое значение приближенных координат не определяют, так как координаты эти имеют большие постоянные ошибки, которые с увеличением количества засечек не уменьшаются.

Точные координаты могут быть использованы для анализа местоположения засеченных целей и для огневого воздействия по ним.

[1] Засечкой цели будем называть каждое отдельное определение координат ее по средним отсчетам с каждой акустической базы.

Стрельба на поражение по точно засеченным целям может вестись с корректированием и без корректирования огня подразделением звуковой разведки через любой промежуток времени после засечки, если только цель не сменила своей огневой позиции.

Приближенные координаты могут быть использованы только для анализа группировки артиллерии противника и немедленного огневого воздействия. При этом корректирование огня (контроль при переносе огня) должно осуществляться тем подразделением звуковой разведки, которое засекло данную цель.

§ 2. АНАЛИЗ ОШИБОК ПРИ ЗАСЕЧКЕ ЦЕЛИ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАБОТЕ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ВЫСОТЕ

При работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте ошибки при засечке целей возникают вследствие:

— ошибок в определении и учете метеорологических элементов;
— ошибок приборов;
— ошибок топографической привязки звуковых постов;
— ошибок обработки отсчетов и графических работ на планшете.

Ошибки при засечке цели, вызываемые ошибками в определении и учете метеорологических элементов

При определении скорости и направления ветра методом шаропилотов, наблюдаемых с одного пункта, ошибки в определении скорости ветра характеризуются срединной ошибкой в 1 *м/сек* и в направлении ветра в 9°, при шаропилотном наблюдении базисным методом срединные ошибки получаются соответственно равными 0,5 *м/сек* и 6°.

Ошибки в определении температуры воздуха методом радиозондирования характеризуются срединной ошибкой в 1°.

Вследствие указанных ошибок определение углов α будет характеризоваться срединной ошибкой порядка трех делений угломера при определении скорости и направления ветра шаропилотным наблюдением с одного пункта и порядка двух делений угломера при определении базисным методом.

Но кроме ошибок в определении углов, вызываемых неточным определением метеорологических элементов, приходится иметь дело еще с ошибками, вызываемыми изменениями метеорологических элементов во времени.

Встречаются различного рода изменения метеорологических элементов во времени, а именно: быстрые или мгновенные, суточные или медленные и годовые. Нас интересуют главным образом быстрые и медленные изменения (изменения средних значений).

Для иллюстрации быстрых изменений скорости ветра на рис. 135 показан ход таких изменений.

На рис. 136 показан ход медленных изменений скорости наземного ветра и скорости ветра на высоте 300 *м*.

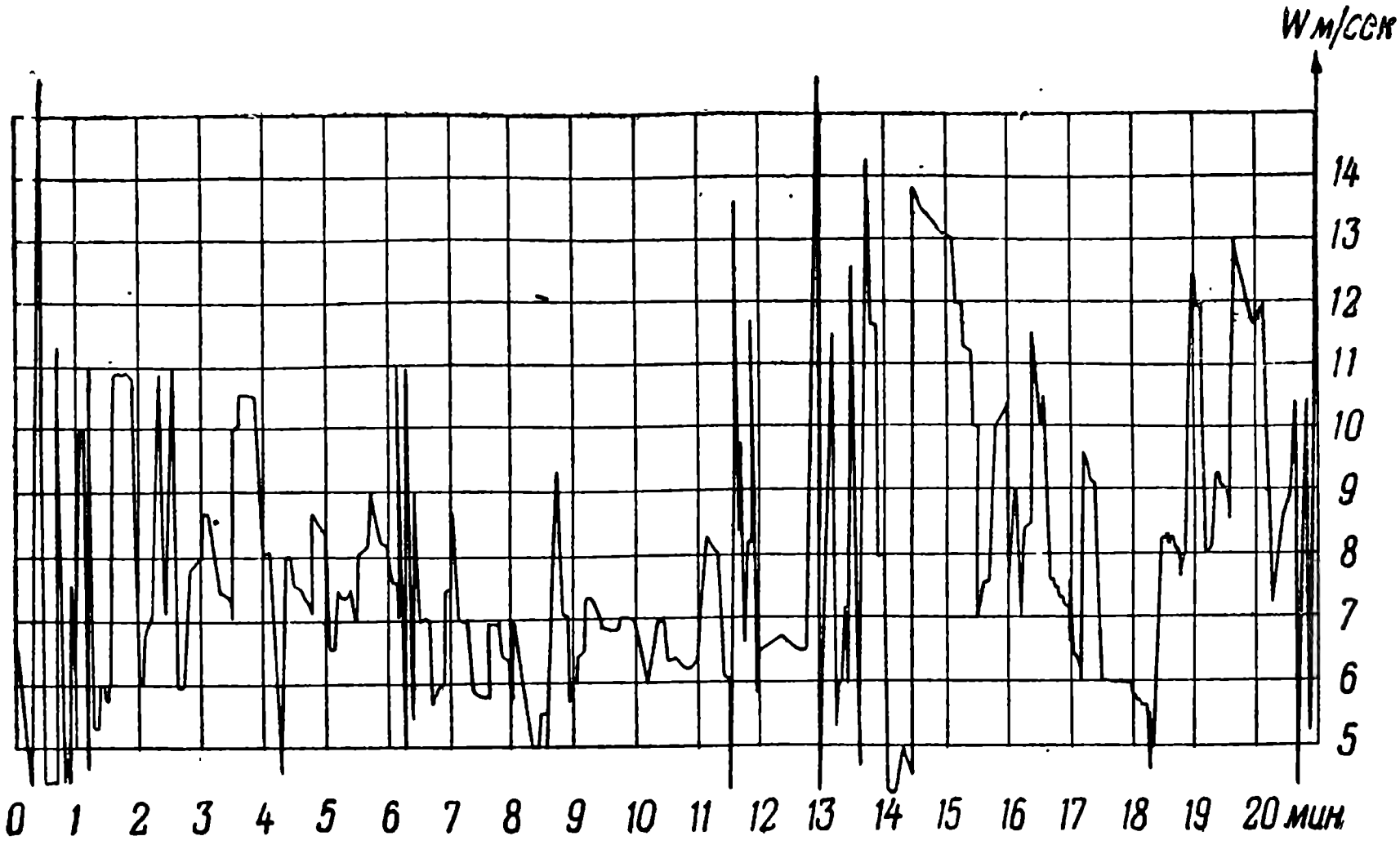


Рис. 135. Быстрые изменения скорости ветра

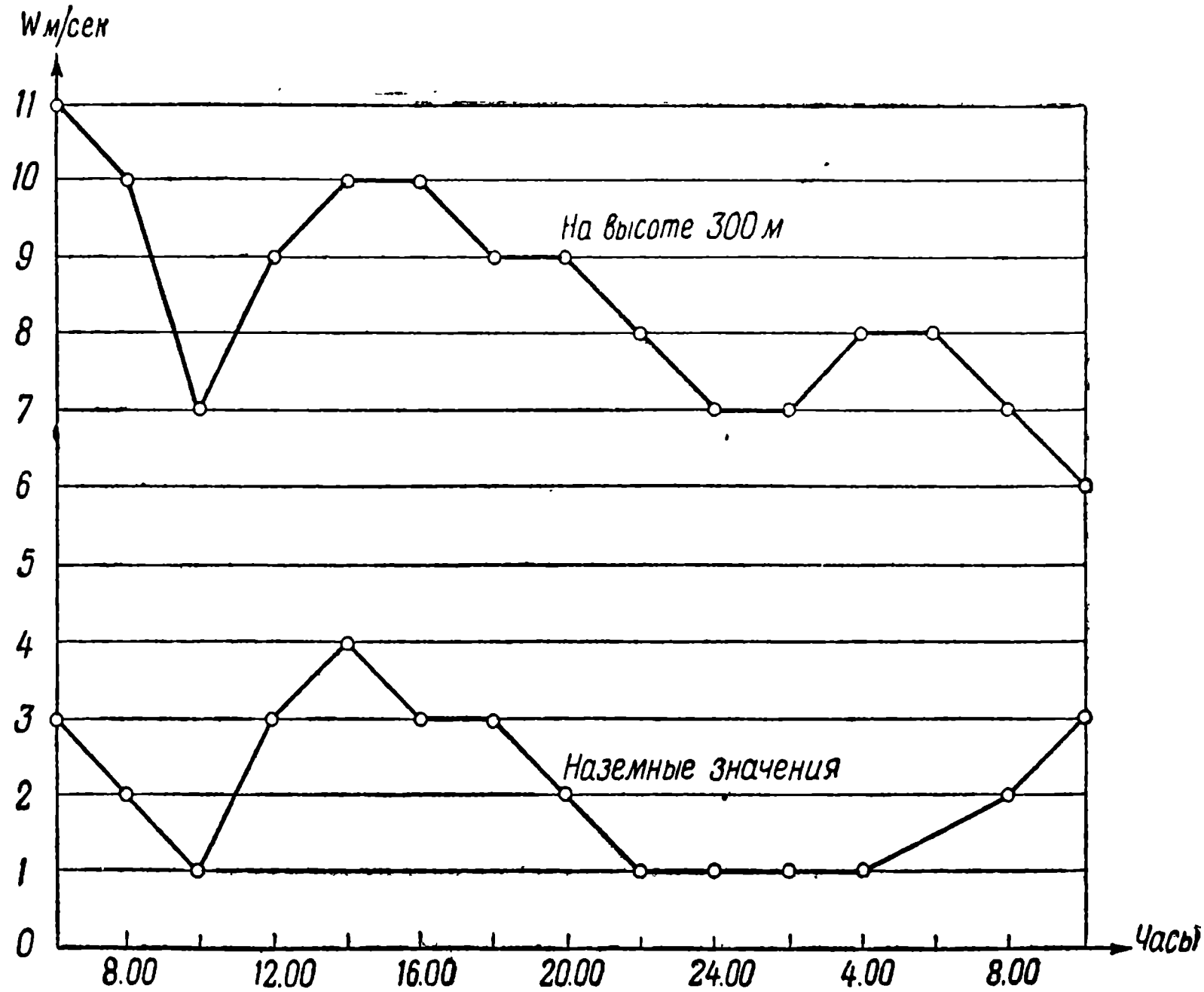


Рис. 136. Медленные изменения скорости наземного ветра и скорости ветра на высоте 300 *м*

Из этих рисунков видно, что быстрые изменения могут происходить в течение одной или даже нескольких долей минуты, а медленные изменения — в течение нескольких десятков минут или даже в течение одного или нескольких часов.

Остановимся на ошибках при засечке цели, вызываемых быстрыми изменениями метеорологических элементов. Быстрые изменения метеорологических элементов при работе звуковой разведки учесть невозможно. Вследствие этого учитывают какие-то средние значения их, определяемые за некоторый промежуток времени. Например, при определении наземного ветра промежуток этот берут равным 5 минутам. За отсутствием учета или вследствие недостаточного учета быстрых изменений метеорологических элементов во времени и возникают ошибки при определении направления на цель, а следовательно, и при определении координат их.

В качестве примера, показывающего влияние быстрых изменений метеорологических элементов во времени, приведем такой случай. Пусть при подходе звуковой волны к одному какому-либо звукоприемнику базы в районе его будет порыв ветра, который может сильно увеличить скорость звука, и при подходе этой же волны ко второму звукоприемнику будет штиль. В результате этого отсчет будет получен с какой-то ошибкой. При подходе второй звуковой волны этого же орудия картина может измениться, а именно: порыв ветра может быть при подходе волны ко второму звукоприемнику, в то время как при подходе к первому будет штиль и т. д.

Срединные ошибки в отсчетах τ, получаемые вследствие быстрых изменений метеорологических элементов в районе расположения звукоприемников, будем называть ошибкой разброса и обозначать через E_τ.

Ошибки разброса тесно связаны с ошибками приборов звукометрической станции, т. е. с ошибками звукоприемников и регистрирующего прибора и с ошибками снятия отсчетов. Соответствующими опытами установлено, что при нормальных условиях работы (при получении записей с хорошими началами) срединная ошибка разброса с учетом ошибок приборов получается порядка 0,006 секунды, причем эта ошибка при длинах акустических баз порядка 1—3 *км* остается примерно одинаковой.

С целью уменьшения ошибки разброса синусы углов α определяют не по одному отсчету, а, как правило, по среднему из трех — четырех. При числе отсчетов $n = 4$ ошибка E_τ будет равна 0,003 секунды.

Медленные изменения метеорологических элементов во времени вызывают несколько иную ошибку при работе звуковой разведки. Ошибка эта получается вследствие медленного, но непрерывного и неравномерного изменения метеорологических элементов в промежутках между измерениями их, т. е. между сроками составления метеорологических бюллетеней. Вследствие этих изменений одна звуковая волна при выстреле какого-либо орудия будет распространяться в одних метеорологических условиях, а другая при выстреле

этого же орудия через полчаса или через час будет распространяться уже в других метеорологических условиях, отличающихся от условий распространения первой волны.

Вследствие этого ошибка определения и учета метеорологических данных увеличивается до 3—4 делений угломера. С целью уменьшения этой ошибки надо было бы вести непрерывные измерения метеорологических элементов. Однако практически это осуществить невозможно.

Чтобы ошибка при засечке цели вследствие медленных изменений метеорологических элементов не превосходила 3—4 делений угломера, надо определение метеорологических элементов производить при изменении их до следующих величин; скорости наземного ветра до 2 *м/сек*, направления до 4-00 и наземной температуры до 3°.

Зависимость ошибки разброса от длины акустической базы

Срединная ошибка разброса в делениях угломера выражается такой формулой [1]:

$$E_{\alpha\tau} = \frac{E_\tau}{T\cos\alpha}. \qquad (1)$$

Из этого выражения следует, что ошибка разброса зависит от базы во времени T, а следовательно, и от длины ее l. При углах α до 30° $\cos\alpha$ можно считать равным единице, тогда формулу (1) можно переписать в таком виде:

$$E_{\alpha\tau} = \frac{E_\tau}{T}. \qquad (1')$$

Выше было указано, что ошибка разброса при длинах акустических баз порядка 1—3 *км* остается постоянной. Вследствие этого ошибка $E_{\alpha\tau}$ будет уменьшаться с увеличением длины базы l [2].

Согласно формуле (1′) в зависимости от длины базы l ошибка $E_{\alpha\tau}$ в делениях угломера будет иметь величины, помещенные в нижеприведенной таблице.

---

[1] Формулу (1) можно получить следующим образом.

При истинном значении $\tau \sin\alpha = \frac{\tau}{T}$; при ошибочном значении $\tau_1 \sin\alpha_1 = \frac{\tau_1}{T}$. Разность синусов будет равна:

$$\sin\alpha_1 - \sin\alpha = \frac{\tau_1}{T} - \frac{\tau}{T}.$$

Пусть $\tau_1 = \tau + \Delta\tau$; тогда

$$\sin\alpha_1 - \sin\alpha = \frac{\Delta\tau}{T}.$$

Согласно сноске на стр. 66 можно написать, что $\Delta\alpha = \frac{\Delta\tau}{T\cos\alpha}$.

При переходе к срединным ошибкам мы и получим формулу (1).

[2] При базе в 0,5 *км* ошибка разброса E_τ будет порядка 0,004 сек.

Таблица ошибок $E_{\alpha\tau}$ в делениях угломера в зависимости от длины базы l

l, км	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4
$E_{\alpha\tau}$	3	2	1,5	1	0,8	0,7	0,5

Из этой таблицы и графика (рис. 137), построенного по данным этой таблицы, видим, что ошибка $E_{\alpha\tau}$ при $l = 0{,}5$ км велика и равна 3 делениям угломера и что ошибка эта вначале при увеличении l до 1 км быстро уменьшается, а при $l = 2$ км делается равной 1 делению угломера. При дальнейшем увеличении длины базы l ошибка уменьшается медленно и при $l = 4$ км достигает 0,5 деления угломера. Есть основания предполагать, что при акустических базах, которые значительно меньше 500 м, ошибка разброса E_τ будет равна 0,003 секунды. Но тем не менее ошибка эта все же велика. Например, при $T = 1$ сек. $E_{\alpha\tau} = 3$ делениям угломера. При работе по среднему из четырех отсчетов ошибка эта уменьшается соответственно в два раза.

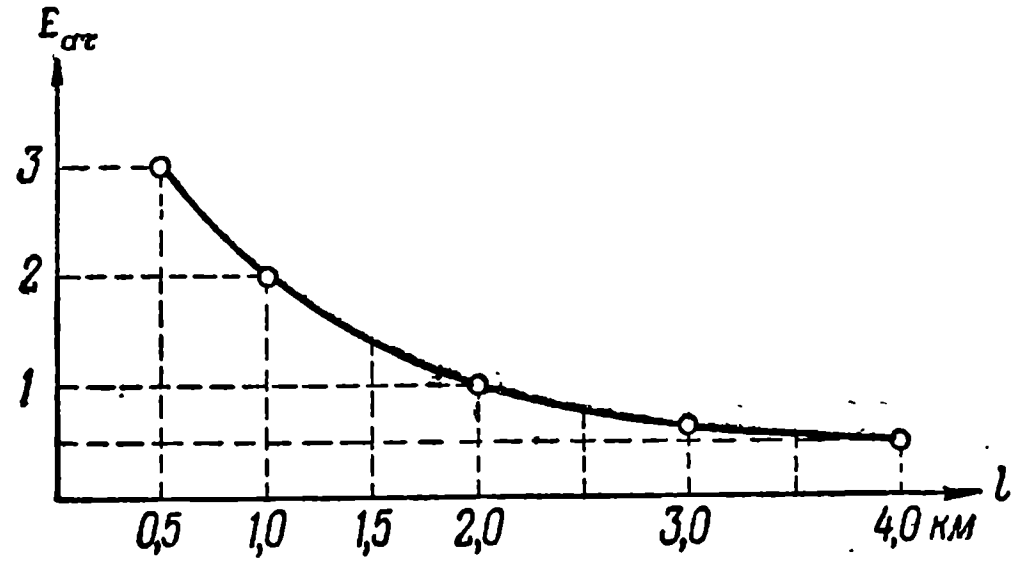


Рис. 137. Зависимость ошибки разброса $E_{\alpha\tau}$ от длины базы l

Исходя из этого, можно сделать такой вывод, что при существующем порядке топографической привязки элементов акустических баз, т. е. когда привязываются звуковые посты, а не центры баз, длину акустической базы l с достаточной для практики точностью можно иметь в пределах 1—1,5 км.

Срединная ошибка разброса порядка 0,006 секунды получается при благоприятных метеорологических условиях и при хороших началах записей, т. е. когда разброс между крайними отсчетами на каждой базе не превышает 20 тысячных секунды.

С точки зрения точности засечки в этих условиях достаточно иметь 2 отсчета на каждой базе. Действительно, при $l = 1$ км и при числе отсчетов $n = 2$ согласно формуле (1′) $E_{\alpha\tau} = \frac{0{,}006}{3\sqrt{2}} \approx 0{,}0015$, или 1,5 деления угломера.

Но надежно засеченной целью считается такая цель, по которой получено с каждой базы не менее трех — четырех отсчетов. Поэтому для обеспечения надежности засечки желательно иметь с каждой базы по данной цели не менее трех — четырех отсчетов.

Число отсчетов $n = 4$ может обеспечить в свою очередь точность работы при разбросе, в полтора раза превышающем нормальный.

Таким образом, можно сказать, что при работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте имеем дело со следующими ошибками при засечке цели, вызываемыми ошибками в определении и учете метеорологических элементов:

— ошибками вследствие неточного определения метеорологических элементов;

— ошибками вследствие быстрых изменений метеорологических элементов (ошибками разброса);

— ошибками вследствие медленных изменений метеорологических элементов в промежутке между составлениями метеорологических бюллетеней.

Ошибки при засечке цели, получаемые вследствие ошибок топографической привязки звуковых постов

Ошибки топографической привязки звуковых постов вызывают ошибки:

— в направлении директрис;

— в смещении центров акустических баз;

— в определении длин акустических баз.

Ошибки эти в свою очередь вызывают ошибки в определении направления на источник звука.

Например, при ошибке определения координат одного звукового поста, равной 50 *м*, при длине базы $l = 1$ *км* получаем ошибку в направлении директрисы около 50 делений угломера (см. рис. 139), так как $\operatorname{tg} \alpha_д = 0{,}050$. Вследствие этой ошибки получаем в определении направления на цель ошибку также около 50 делений угломера.

Будем считать ошибку топографической привязки звуковых постов ошибкой круговой и равной r. При рассмотрении ошибок в определении направления на цель, вызываемых ошибками топографической привязки звуковых постов, круговую ошибку топографической привязки r будем разлагать на две независимые ошибки: одну по направлению акустической базы, а другую — по направлению, перпендикулярному ей. Ошибку, идущую по направлению базы, обозначим через r_1, а ошибку, перпендикулярную ей, обозначим через r_2.

Возьмем по направлению r_1 какую-то случайную ошибку a_1 (рис. 138). При наличии ошибки a_1 будем иметь ошибки в определении длины акустической базы и в определении центра этой базы. Эти ошибки будут вызывать в свою очередь ошибки в определении направления на цель.

При привязке звуковых постов ходом от одного звукоприемника к другому ошибка в определении длины акустической базы Δl будет равна a_1 и ошибка в определении центра базы будет равна $\frac{a_1}{2}$.

Из рис. 138 видно, что при ошибке a_1 центр акустической базы получается в точке O', т. е. смещается на величину OO'. Отрезок $OO' = \frac{a_1}{2}$.

Построив перпендикуляр из точки O' к направлению OS, получим отрезок $O'N$. В прямоугольном треугольнике ONO' угол при точке O' равен углу α (углы с перпендикулярными сторонами). Поэтому можем написать

$$O'N = \frac{a_1}{2} \cos \alpha.$$

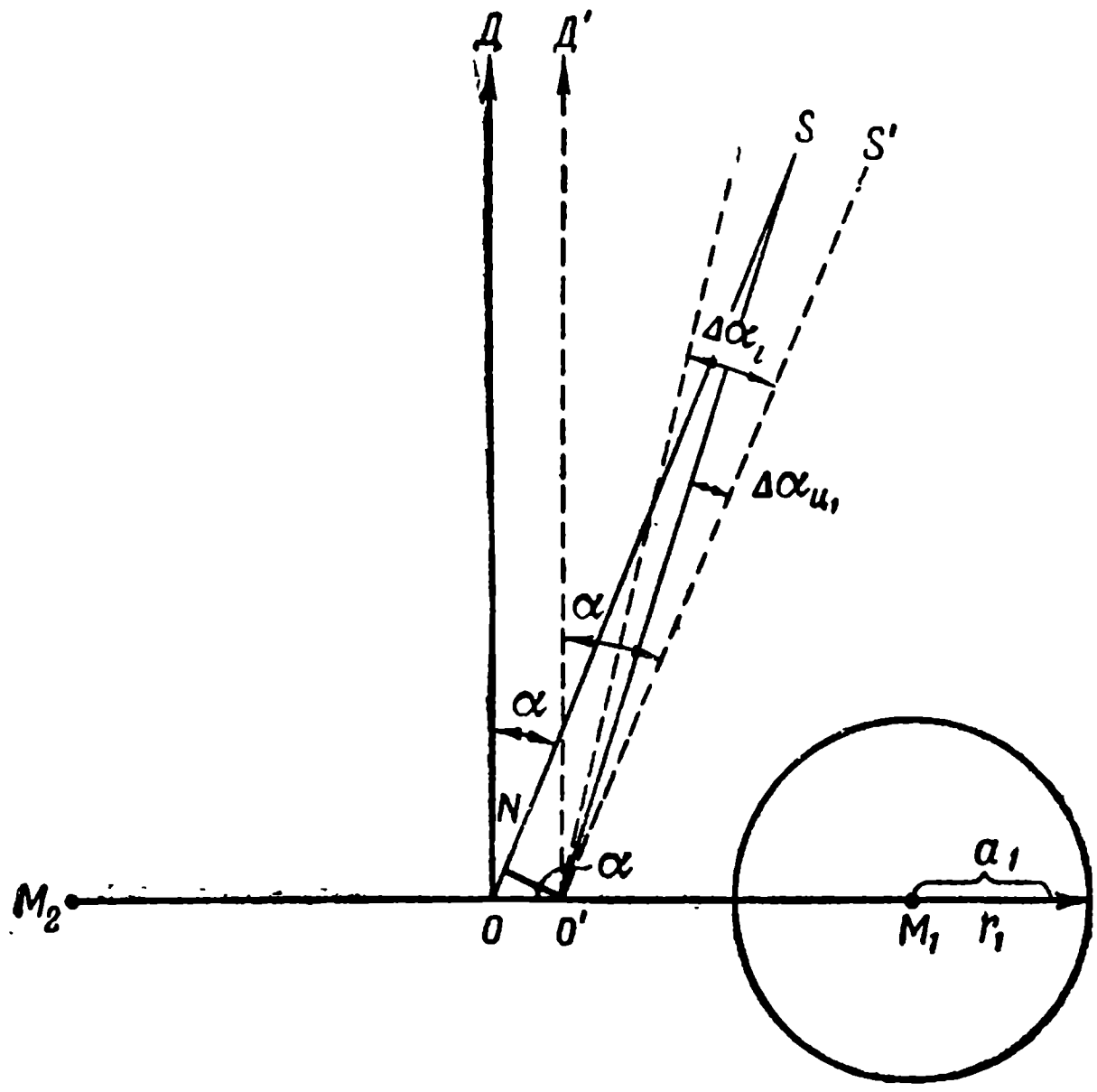


Рис. 138. Влияние ошибки в привязке правого звукового поста относительно левого на величину угла α (ошибка направлена вдоль базы)

При наличии центра базы в точке O' директриса акустической базы будет направлена по линии $O'Д'$ и при угле α направление на цель ($O'S'$) будет получено с ошибкой $\Delta\alpha_{ц_1}$. Ошибка эта в делениях угломера будет равна:

$$\Delta\alpha_{ц_1} = \frac{O'N}{0{,}001Д},$$

или при $O'N = \frac{a_1}{2} \cos \alpha$ при дальности $Д$, выраженной в километрах, ошибка будет равна:

$$\Delta\alpha_{ц_1} = \frac{a_1}{2Д} \cos \alpha. \qquad (2)$$

Найдем ошибку в определении угла α вследствие ошибки в определении длины базы l. Возьмем для этого известную нам формулу

$$\sin\alpha = \frac{C\tau}{l}$$

и, полагая, что ошибки функции зависят от ошибок аргументов, при постоянных значениях C и τ будем иметь

$$\Delta\alpha_l = -\frac{C\tau}{l^2\cos\alpha}\Delta l. \qquad (3)$$

Имея в виду, что $\sin\alpha = \frac{C\tau}{l}$ и что ошибка в длине базы $\Delta l = a_1$, получим

$$\Delta\alpha_l = -\frac{a_1}{l}\operatorname{tg}\alpha. \qquad (4)$$

Так как при наличии ошибки a_1 длина базы будет больше, то угол α будет меньше и направление на цель пойдет левее направления $O'S'$ на величину $\Delta\alpha_l$; этим и объясняется знак минус в формуле (3).

Сложив ошибки $\Delta\alpha_{ц_1}$ и $\Delta\alpha_l$, получим ошибку в определении направления на цель в зависимости от ошибки a_1:

$$\Delta\alpha_l = a_1\left(\frac{1}{2Д}\cos\alpha - \frac{1}{l}\operatorname{tg}\alpha\right). \qquad (5)$$

---

[1] Формулу (4) можно вывести путем таких элементарных рассуждений. Пусть вместо истинного значения длины базы l_1 получили $l = l_1 + \Delta l$. Тогда ошибка в синусе угла α будет:

$$\Delta\sin\alpha = \frac{C\tau}{l} - \frac{C\tau}{l_1} = \frac{C\tau(l_1 - l)}{l_1 l}$$

или

$$\Delta\sin\alpha = \sin\alpha_1\frac{(l_1 - l)}{l} = \sin\alpha_1\frac{(l_1 - l_1 - \Delta l)}{l},$$

откуда

$$\Delta\sin\alpha = -\sin\alpha_1\frac{\Delta l}{l}.$$

Обозначая α через $\alpha_1 + \Delta\alpha$, напишем: $\sin\alpha = \sin(\alpha_1 + \Delta\alpha) = \sin\alpha_1\cos\Delta\alpha + \cos\alpha_1\sin\Delta\alpha$. Принимая во внимание, что величина $\Delta\alpha$ мала, косинус угла $\Delta\alpha$ примем равным единице, и тогда

$$\sin\Delta\alpha = \frac{\sin\alpha - \sin\alpha_1}{\cos\alpha_1} = \frac{\Delta\sin\alpha}{\cos\alpha_1}.$$

Но так как $\Delta\sin\alpha = -\sin\alpha_1\frac{\Delta l}{l}$, то $\sin\Delta\alpha = -\frac{\Delta l}{l}\operatorname{tg}\alpha_1$.

Ввиду малости угла $\Delta\alpha$ мы можем величину $\sin\Delta\alpha$ считать равной величине $\Delta\alpha$ и, заменяя Δl величиной a_1, окончательно будем иметь:

$$\Delta\alpha = -\frac{a_1}{l}\operatorname{tg}\alpha_1.$$

Так как ошибка $\Delta\alpha$ мала по сравнению с α, то в полученной формуле можно вместо α_1 поставить α.

Возьмем теперь по направлению r_2 какую-то случайную ошибку a_2 (рис. 139).

При наличии ошибки a_2 будем иметь ошибку в определении направления на цель вследствие поворота директрисы на угол $\Delta\alpha_Д$, где

$$\Delta\alpha_Д = \frac{a_2}{l}. \tag{6}$$

Из рис. 139 видно, что ошибка вследствие смещения центра базы

$$\Delta\alpha_{ц_2} = \frac{a_2}{2Д}\sin\alpha, \tag{7}$$

где $\frac{a_2}{2} = OO'$ и $\frac{a_2}{2}\sin\alpha = O'N$.

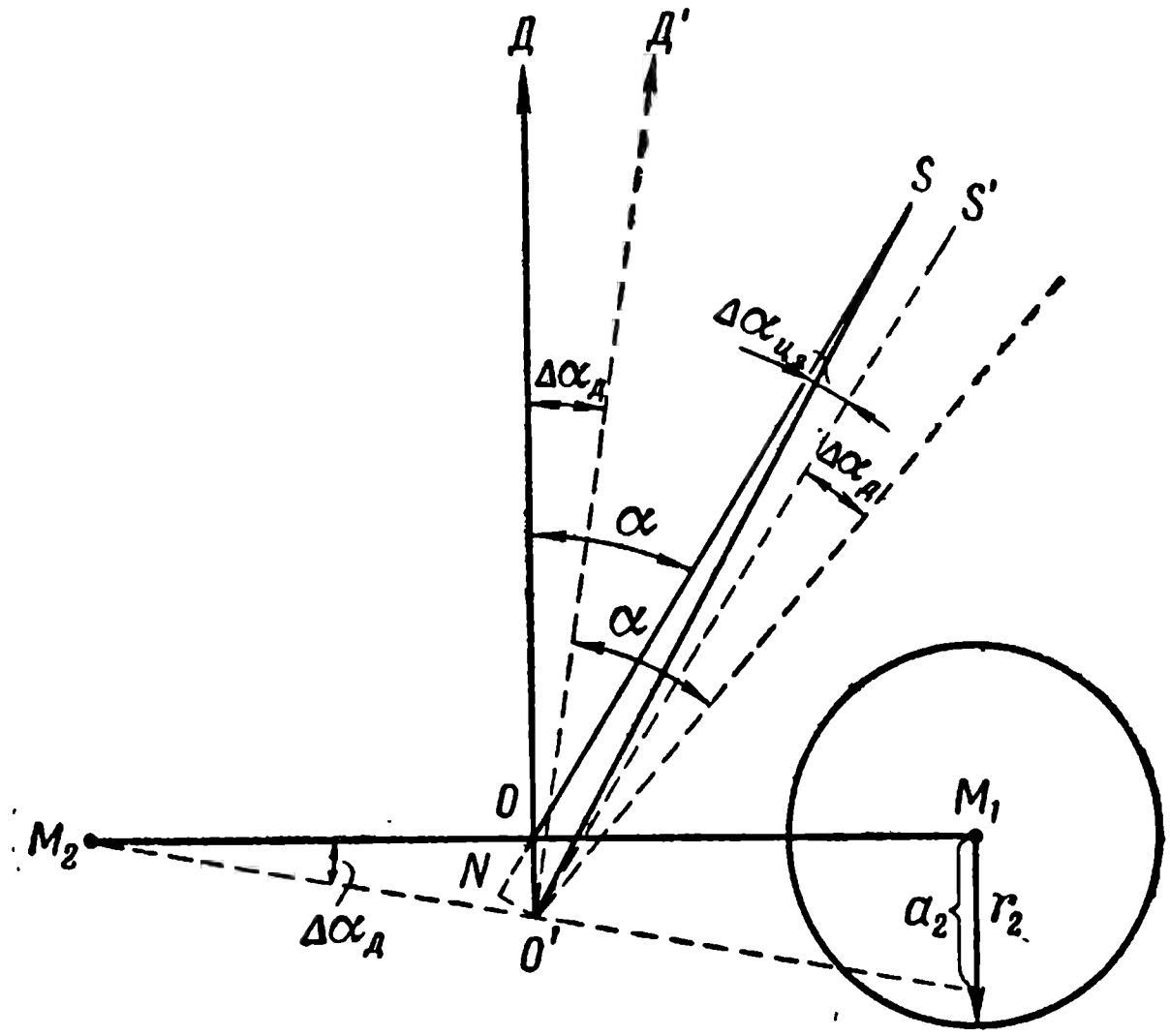


Рис. 139. Влияние ошибки в привязке правого звукового поста относительно левого на величину угла α (ошибка направлена перпендикулярно к базе)

Сложив ошибки $\Delta\alpha_Д$ и $\Delta\alpha_{ц_2}$, получим ошибку в определении направления на цель, вызываемую ошибкой a_2:

$$\Delta\alpha_2 = a_2\left(\frac{1}{l} + \frac{1}{2Д}\sin\alpha\right). \tag{8}$$

Ошибка a_2 будет вызывать ошибку и в длине базы, но ошибка эта мала, и поэтому ее во внимание принимать не будем.

Срединная ошибка в определении направления на цель вследствие ошибок при топографической привязке звуковых постов при $a_1 = a_2 = r$

$$E_{\alpha m} = \sqrt{\Delta\alpha_1^2 + \Delta\alpha_2^2} \tag{9}$$

или

$$E_{\alpha m} = r\sqrt{\left(\frac{1}{2Д}\cos\alpha - \frac{1}{l}\operatorname{tg}\alpha\right)^2 + \left(\frac{1}{l} + \frac{1}{2Д}\sin\alpha\right)^2}.$$

Раскрывая скобки и произведя приведение подобных чисел, получаем

$$E_{\alpha m} = r\sqrt{\frac{1}{4Д^2} + \frac{1}{l^2}\left(1 + \operatorname{tg}^2\alpha\right)}$$

или

$$E_{\alpha m} = r\sqrt{\frac{1}{4Д^2} + \frac{1}{l^2\cos^2\alpha}}. \qquad (10)$$

Заменяя теперь $\frac{Д}{l}$ через η и вынося $l\cos\alpha$ из-под корня, получим

$$E_{\alpha m} = \frac{r}{l\cos\alpha}\sqrt{1 + \frac{\cos^2\alpha}{4\eta^2}}. \qquad (11)$$

Анализируя полученную формулу, мы видим, что ошибка $E_{\alpha m}$ очень мало зависит от изменения величины η, т. е. от изменения дальности. Действительно, например, при угле $\alpha = 0°$, $l = 1$ *км* и при $\eta = 2$, ошибка $E_{\alpha m}$ при $r = 100$ *м* равна 103 делениям угломера, в то время как при $\eta = \infty$ ошибка $E_{\alpha m}$ равна 100 делениям угломера. В действительности величина η редко бывает меньше 2.

В соответствии с этим с небольшой погрешностью срединную ошибку определения направления на цель, вызываемую топографической привязкой звуковых постов, можно записать в таком виде:

$$E_{\alpha m} = \frac{r}{l\cos\alpha}.^{1} \qquad (12)$$

Для анализа этой формулы составим таблицу ошибок $E_{\alpha m}$ при различных значениях r и углов α. Значения r возьмем в метрах, углы α в градусах и $E_{\alpha m}$ в делениях угломера.

Таблица ошибок $E_{\alpha m}$ при длине базы $l = 1$ *км*

α \ r	1	2	3	5	10	25	50	100
0	1	2	3	5	10	25	50	100
15	1	2	3	5	10	26	52	103
24	1	2	3	6	11	27	54	109
30	1	2	4	6	12	29	58	115
40	1	2,5	4	6	13	32	65	130
45	1	3	4	7	14	36	71	142

[1] Формула (12) выражает ошибку для случая, когда ошибка в смещении центра акустической базы мала и ею можно пренебречь.

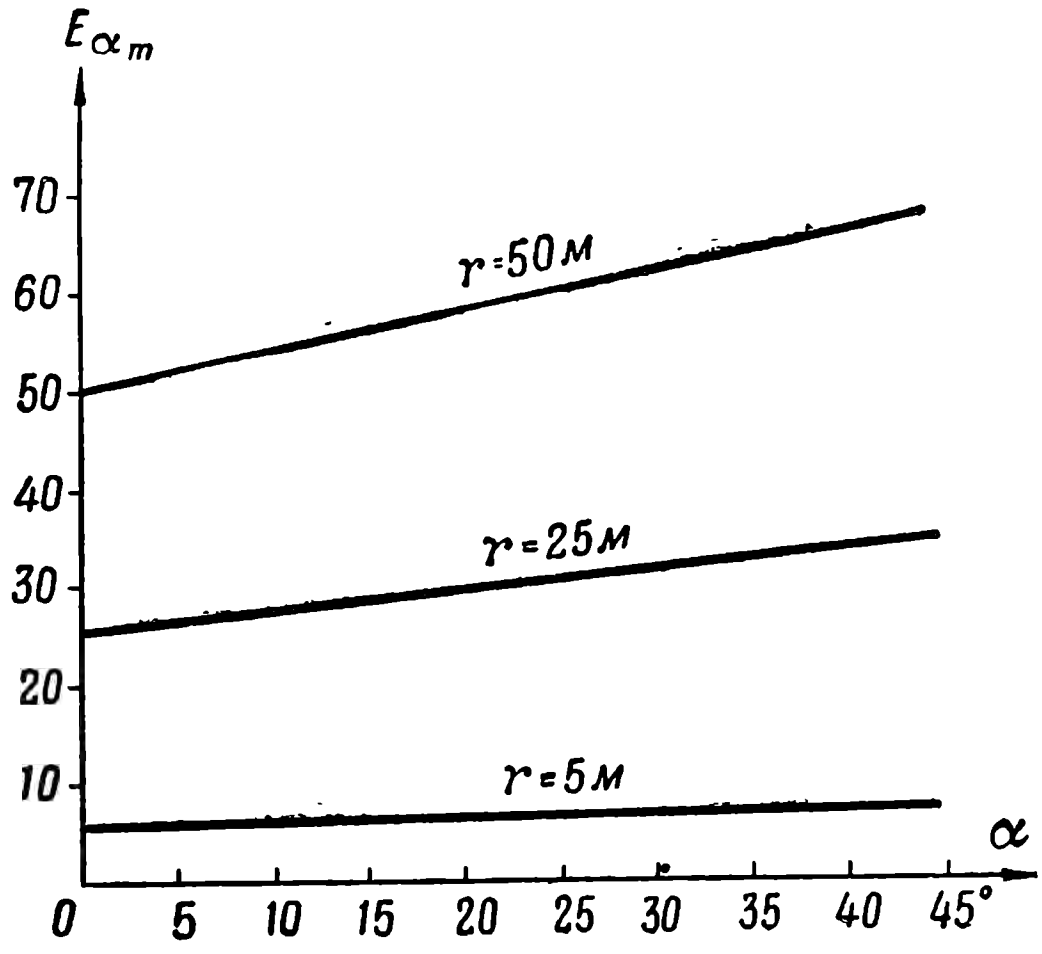


Рис. 140. График ошибок $E_{\alpha m}$ в зависимости от величины угла α при $r = 5$ *м*, $r = 25$ *м* и $r = 50$ *м*

Из этой таблицы видно, что при r, равном 2 *м*, при углах α больше 40° и базе $l = 1$ *км* ошибка $E_{\alpha m}$ становится больше 2,5 деления угломера. Из этой таблицы также видно, что при $r = 2$ *м* ошибка $E_{\alpha m}$ при углах α до 40° мало зависит от величины угла α.

Таким образом, при аналитическом методе привязки звуковых постов, т. е. при r, равном 1—2 *м*, ошибку $E_{\alpha m}$ при углах α до 40° и базе $l = 1$ *км* можно считать независимой от величины угла α.

Согласно таблице составлен график ошибок (рис. 140), на котором показана зависимость ошибки $E_{\alpha m}$ от величины угла α при $r = 5$ *м*, $r = 25$ *м* и $r = 50$ *м*.

Если база l значительно меньше 1 *км*, то ошибка $E_{\alpha m}$ при угле $\alpha = 40°$ и $r = 2$ *м* будет значительно больше 2 делений угломера, например, при $l = 600$ *м* $E_{\alpha m} = 4{,}3$ деления угломера.

При r, равном 1—2 *м*, длина базы l, равная 1—1,5 *км*, вполне обеспечивает требуемую точность засечки цели, так как ошибка $E_{\alpha m}$ в этом случае будет равна 1—2 делениям угломера.

При привязке звуковых постов к разным опорным точкам ошибка $E_{\alpha m}$ увеличивается в $\sqrt{2}$, поэтому в этих случаях надо длину базы брать 1,5 *км*.

Отсюда становится также ясным, что выгоднее привязку звуковых постов производить ходом от одного звукового поста данной базы к другому.

При топографической привязке звуковых постов по карте глазомерным способом ошибка $E_{\alpha m}$ будет сильно зависеть от величины угла α, тем более, что при топографической привязке звуковых постов по карте привязка производится к разным контурным точкам, поэтому в данном случае вместо r в формуле (12) надо брать $r\sqrt{2}$. Вследствие этого ошибки $E_{\alpha m}$ будут велики.

Ошибки при засечке целей, возникающие вследствие ошибок при обработке отсчетов и при графических работах на планшете засечек

Ошибки в обработке отсчетов слагаются из ошибок в определении параллакса перьев, из ошибок округления величин поправок при определении синуса угла α_0, а также при определении величины

синуса угла α по логарифмической линейке. Ошибка, получающаяся при определении угла α, возникающая вследствие ошибок, допускаемых при обработке отсчетов, достигает 1 деления угломера.

При смешанном способе определения координат целей ошибка засечки, возникающая вследствие допускаемых ошибок при графических построениях углов α на планшете засечек (1 : 25 000), равна приблизительно 1 делению угломера.

В результате ошибка засечки, возникающая вследствие ошибок при обработке отсчетов и при графических построениях углов α на планшете, составляет около 1,5 деления угломера. Обозначим эту ошибку через $E_{\alpha п}$.

Таким образом, при работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте определение углов α будет сопровождаться следующими ошибками:

— ошибками, возникающими вследствие неточного определения и учета метеорологических элементов ($E_{\alpha m} = 2$ делениям угломера при определении скорости и направления ветра базисным методом); впредь до получения нового метеорологического бюллетеня эта ошибка вырастает до 3—4 делений угломера (вследствие изменения метеорологических элементов между сроками получения метеорологических бюллетеней);

— ошибками разброса (при числе отсчетов $n = 1$ и длине базы $l = 1$ *км* ошибка $E_{\alpha т}$ равна 2 делениям угломера, а при $n = 4$ — одному делению угломера);

— ошибками, возникающими вследствие неточной привязки звуковых постов (при аналитической привязке $E_{\alpha m} = 2$ делениям угломера);

— ошибками, возникающими при обработке отсчетов и графических построениях на планшете ($E_{\alpha п} = 1{,}5$ деления угломера).

Без учета ошибок определения и учета метеорологических элементов суммарная срединная ошибка в определении угла α

$$E_{\alpha} = \sqrt{E^2_{\alpha п} + E^2_{\alpha m} + E^2_{\alpha т}} = \sqrt{1{,}5^2 + 2^2 + 1^2} = 2{,}7 \text{ дел. угл.}$$

Ошибки определения и учета метеорологических элементов являются ошибками зависимыми, так как они вызываются на каждой базе одними и теми же причинами, поэтому ошибки эти в суммарную срединную ошибку входить не должны.

§ 3. АНАЛИЗ ОШИБОК ПРИ ЗАСЕЧКЕ ЦЕЛИ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАБОТЕ С УЧЕТОМ НАЗЕМНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

При работе с учетом наземных метеорологических элементов и при аналитической привязке звуковых постов будем иметь дело со всеми теми ошибками, которые были рассмотрены в предыдущем параграфе, но только при дальностях засечки больше 4 *км* в этом случае прибавляется еще одна существенная ошибка. Ошибка эта получается вследствие несоответствия измеряемых метеорологиче-

ских элементов действующим значениям их, т. е. тем элементам, которые в действительности оказывают влияние на распространение звука в атмосфере. В дальнейшем ошибку эту будем также называть ошибкой в засечке цели, получающейся вследствие неточного определения и учета метеорологических элементов.

Действительно, при учете наземных метеорологических элементов значения их определяются на высоте 2 *м* над поверхностью земли. Но нам известно, что температура и ветер с высотой изменяются (см., например, рис. 136, на котором очень хорошо видно различие в значениях скорости ветра при определении их на высоте 2 *м* и на высоте 300 *м*).

При учете наземных метеорологических элементов распределение их с высотой не учитывается, вследствие чего и получаются большие ошибки при определении, например, поправок на ветер, а следовательно, и при определении углов α.

Ошибки эти могут быть велики, в особенности при сильном изменении метеорологических элементов с высотой. Так, например, если акустическое (действующее) значение ветра надо было брать на высоте 300 *м*, на которой $W = 8$ *м/сек*, а учитывали значение наземного ветра $W = 2$ *м*, то вследствие этого ошибка в угле α при $\theta = 15\text{-}00$ делается равной 18 делениям угломера.

Соответствующие наблюдения за работой звуковой разведки показывают, что ошибки при засечке цели (ошибки в определении угла α), получающиеся вследствие неточного определения и учета метеорологических элементов, могут доходить до 10—20 делений угломера. Вследствие этого координаты целей при работе с учетом наземных метеорологических элементов при дальности засечки больше 3—4 *км* считаются приближенными.

§ 4. АНАЛИЗ ОШИБОК ПРИ ЗАСЕЧКЕ ЦЕЛИ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАБОТЕ С УЧЕТОМ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ

Сначала рассмотрим вопрос при условии, когда топографическая привязка звуковых постов производится аналитическим методом с круговой ошибкой порядка 1—2 *м*, т. е. когда величина r равна 1—2 *м*. В этом случае, как это видно из таблицы на стр. 219, составленной на основе формулы (12), ошибка в определении направления на цель мало зависит от угла α. Ошибка эта мало зависит и от дальности, как это видно из формулы (11). На основании этого можем сказать, что при постоянной величине базы l и при r, равном 2 *м*, ошибку в определении направления на цель в зависимости от ошибок топографической привязки звуковых постов можно считать постоянной.

В течение некоторого промежутка времени, за который метеорологические элементы изменятся на небольшую величину, ошибки в определении направления на цель вследствие ошибок в определении метеорологических элементов можно считать также постоянными.

В дальнейшем ошибку в определении направления на цель вследствие ошибок в определении метеорологических элементов будем условно считать постоянной в течение промежутка времени, за который метеорологические элементы изменятся в пределах, указанных на стр. 213.

При работе с учетом систематической ошибки влияние метеорологических элементов данного момента учитывается путем создания звуковых реперов и в дальнейшем путем контроля их.

Суммарную ошибку в определении направления на цель (в определении угла α), вызываемую постоянными ошибками, принято называть **систематической ошибкой.**

При работе с учетом систематической ошибки очень часто метеорологические данные во внимание вообще не принимаются и определение координат целей ведут непосредственно по $\sin\alpha$ без поправок на ветер. В этих случаях систематическая ошибка будет получаться в результате ошибок топографической привязки звуковых постов и в результате отсутствия учета влияния метеорологических данных.

Если будут известны величина и направление систематической ошибки с каждой базы, то ее можно определить и учесть при засечке целей.

Если метеорологические элементы не изменяются и остаются в течение какого-то времени постоянными, то за этот промежуток времени при работе с учетом систематической ошибки будем иметь дело только со случайными ошибками, которые возникают вследствие:

— ошибок, получаемых при обработке отсчетов и при графических построениях на планшете;

— ошибок разброса отсчетов;

— ошибок, получаемых при засечке звукового репера.

Срединная ошибка в определении угла α ($E_{\alpha P}$), получающаяся при создании звукового репера,— около 1,5 деления угломера. Ошибка эта получается вследствие ошибок, возникающих при засечке репера (разрывов) [1].

Суммарная срединная ошибка в определении угла α на цель

$$E_\alpha = \sqrt{E_{\alpha\tau}^2 + E_{\alpha\pi}^2 + E_{\alpha P}^2}.$$

При числе отсчетов $n = 4$, длине акустической базы, равной 1 *км*, $E_\alpha = \sqrt{1^2 + 1{,}5^2 + 1{,}5^2} = 2{,}3$ деления угломера.

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ

Создание звуковых реперов для определения систематической ошибки

Для определения величины и направления систематической ошибки должно быть выполнено одно основное условие, а именно: координаты какой-либо точки (репера) в районе расположения

[1] Ошибка засечки репера средствами оптической разведки при 4—6 выстрелах мала, и мы не принимаем ее во внимание.

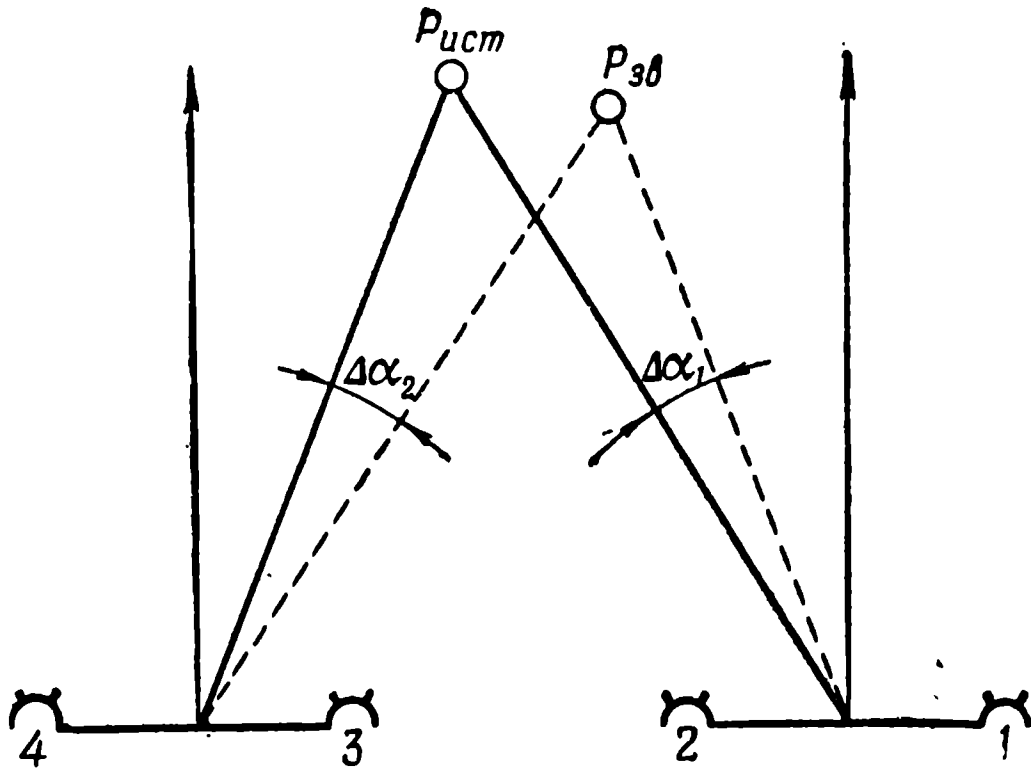


Рис. 141. Ошибки $\Delta\alpha_1$ и $\Delta\alpha_2$ являются систематическими ошибками

целей должны быть определены подразделением звуковой разведки и другими более точными средствами разведки, например, средствами оптической разведки при привязке их наблюдательных пунктов на полной топографической основе.

Координаты, определяемые более точными средствами разведки, будем называть **истинными координатами,** а направления с каждой базы — **истинными направлениями.**

Разница в углах α по истинному положению репера и по положению этого репера, определяемому подразделением звуковой разведки, и будет являться **величиной систематической ошибки** (рис. 141). На рис. 141 показаны две систематические ошибки: для правой базы $\Delta\alpha_1$, а для левой базы $\Delta\alpha_2$.

Определение систематической ошибки подразделяется на два этапа:

— создание звуковых реперов;

— определение ошибки по планшету или расчетным способом.

Звуковым репером служит центр группы разрывов, координаты которого определены по засечкам подразделения звуковой разведки.

Создание звуковых реперов производится:

— одновременной засечкой фиктивного звукового репера (воздушного или наземного) подразделением звуковой разведки и оптическими средствами;

— пристрелкой действительного репера, истинные координаты которого должны быть известны, например, по засечкам оптической разведки, или же определены по фотоснимку.

Кроме того, систематическая ошибка может быть определена по какой-либо цели, если последняя надежно засечена подразделением звуковой разведки и оптическими средствами или определена какими-либо другими средствами разведки, например, по фотоснимку. Наконец, звуковой репер может быть создан путем подрывов зарядов взрывчатого вещества на точке, координаты которой известны.

Создание звуковых реперов с целью определения систематической ошибки и контроль их производятся согласно плану штаба артиллерийской группы. Учет систематической ошибки, определяемой при помощи звукового репера, может производиться при засечке целей, расположенных на площади до 2 *км* по фронту в обе стороны от репера и до 2,5 *км* (также в обе стороны от репера)

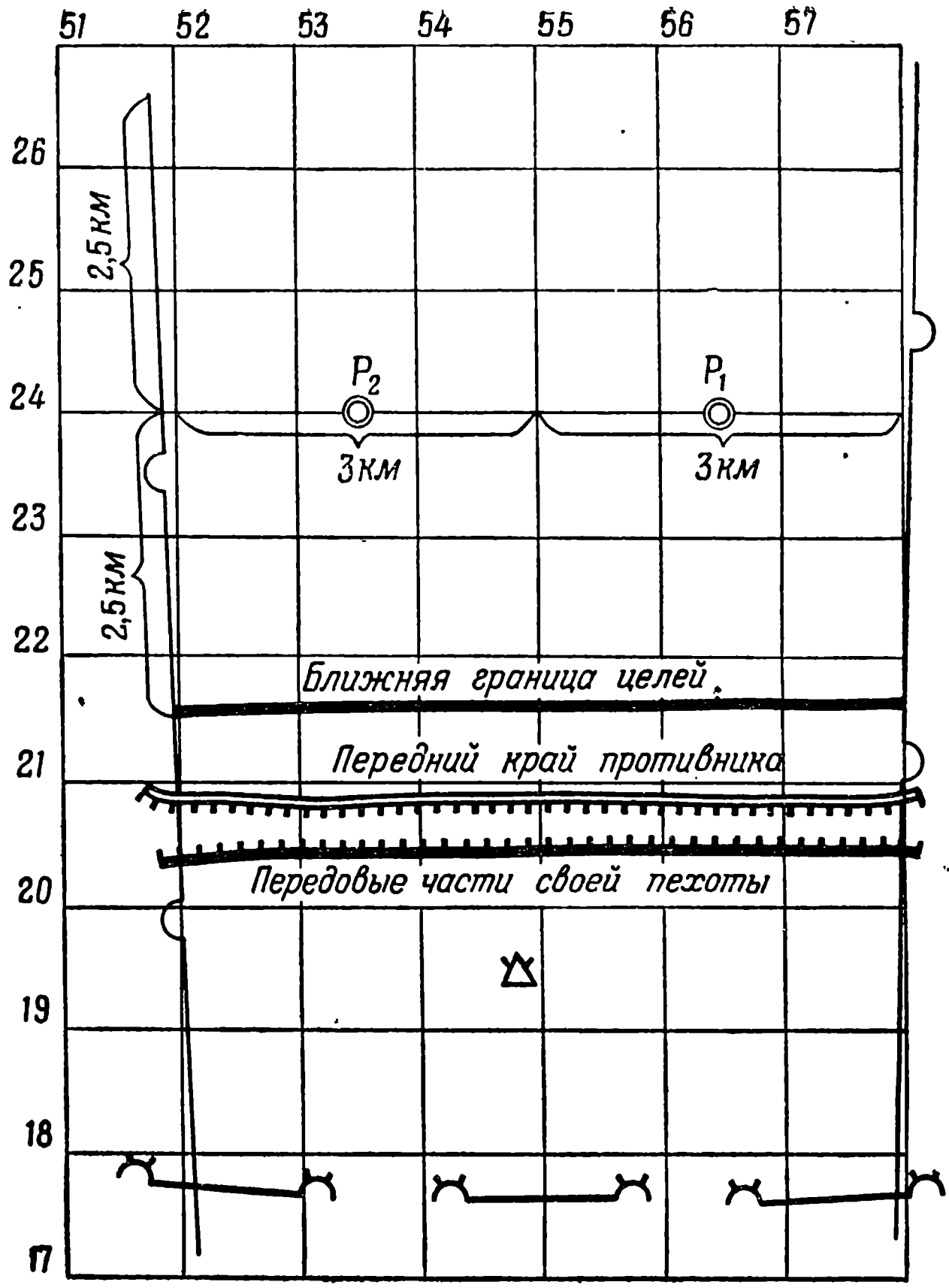


Рис. 142. Расположение реперов в полосе разведки подразделения звуковой разведки

по глубине, т. е. один репер обеспечивает засечку целей с учетом систематической ошибки на участке до 4 *км* по фронту и до 5 *км* по глубине.

В полосе разведки шириной более 4 *км,* например, при ширине в 6 *км,* создаются два репера по фронту. Расположение реперов в этом случае показано на рис. 142. Из этого рисунка видно, что если реперы будут созданы за передним краем противника, в 3—4 *км* от него, то они обеспечат полосу глубиной до 6 *км* за передним краем противника, т. е. примерно на всю глубину расположения артиллерии противника. В случае надобности и при хорошей видимости в глубине расположения артиллерии противника на удалении до 5 *км* от реперов P_1 и P_2 создаются добавочные реперы.

Для создания звукового репера по плану штаба артиллерийской группы выделяется батарея (орудие), которая может вести огонь с любой временной огневой позиции.

Порядок создания наземного фиктивного репера следующий.

Согласно плану штаба группы выбирается в намеченном районе площадка с твердым грунтом, обеспечивающим хорошее действие взрывателя, учитывая при этом, что разрывы снарядов должны быть хорошо наблюдаемы с пунктов взвода оптической разведки. Координаты какой-либо точки этой площадки (центра ее) передаются командиру огневой батареи.

Для создания воздушного звукового репера намечают на карте (на приборе управления огнем) точку, над которой должны произойти разрывы.

Перед стрельбой для создания звукового репера командир стреляющей батареи, подготовив данные для стрельбы по выбранной точке, передает командиру подразделения звуковой разведки: **«Засечь звуковой репер в таком-то районе, (*x*...., *y*....), калибр орудия такой-то, взрыватель такой-то, полетное время 00 секунд»** — и приказывает доложить о темпе огня и готовности подразделения.

Полетное время сообщается командиру подразделения звуковой разведки для расчета темпа огня.

Командир подразделения звуковой разведки рассчитывает темп огня, как это указано в главе XI, и докладывает стреляющему: **«Темп огня 00 секунд, подразделение готово».**

О готовности докладывает и командир подразделения оптической разведки, если оно привлечено к засечке репера.

Как правило, должно быть засечено не менее четырех наземных разрывов или не менее шести воздушных.

Стреляющий дает предварительно один выстрел (из четырех — шести) для проверки возможности засечки разрыва снаряда в данных условиях подразделениями звуковой и оптической разведки.

После расчета полетного времени командир подразделения звуковой разведки приказывает начальнику поста предупреждения: **«Наблюдать один разрыв, наземный** (воздушный) **в таком-то районе** (или в направлении на такой-то местный предмет), **калибр такой-то».**

Такое же приказание отдает и командир подразделения оптической разведки на наблюдательные пункты.

Если регистрирующий прибор запишет звук разрыва и наблюдательные пункты засекут разрыв, то командиры подразделений звуковой и оптической разведки докладывают стреляющему: **«Разрыв засечен».** Командир подразделения звуковой разведки приказывает начальнику поста предупреждения: **«Наблюдать столько-то разрывов».**

Командир подразделения оптической разведки отдает такое же приказание на наблюдательные пункты.

Если какой-либо разрыв не засечен подразделением звуковой или оптической разведки (или обоими вместе), продолжают давать выстрелы до получения не менее четырех (при воздушном репере не менее шести) отсчетов с каждой акустической базы (каждого наблюдательного пункта).

Если первые два разрыва будут не засечены, то меняют точку (район), по которой были рассчитаны исходные данные для создания звукового репера.

После каждого выстрела телефонист стреляющего подразделения сразу же передает в подразделения звуковой и оптической разведки: **«Выстрел».**

В подразделении оптической разведки по четырем (шести) отсчетам с каждого пункта определяют координаты центра группы разрывов и передают их в подразделение звуковой разведки.

На этом работа стреляющей батареи и подразделения оптической разведки заканчивается.

Командир подразделения звуковой разведки, получив координаты репера от командира подразделения оптической разведки, принимает их за топографические (истинные) и приступает к определению, а затем и исключению систематической ошибки.

При создании воздушного репера высота разрывов не должна быть больше 100 *м* над уровнем цели. При более высоких разрывах получается большая разница между условиями прохождения звуком расстояний до звуковых постов от цели и от разрывов, кроме того, при определении координат репера надо будет вводить поправку на превышение.

За звуковой репер может быть принята также любая группа в четыре разрыва, засеченная, например, при стрельбе на одних установках по какой-либо цели подразделениями звуковой и оптической разведки.

При создании звукового репера по действительному реперу производится предварительно пристрелка по нему, которая ведется без участия подразделения звуковой разведки.

Затем на пристрелянных установках дают четыре выстрела в том же порядке, как и при создании фиктивного репера. Координаты действительного репера принимаются за топографические (истинные), относительно которых и определяется систематическая ошибка.

Определение и учет систематической ошибки

Согласно истинным координатам репера в подразделении звуковой разведки наносят действительный (фиктивный) репер на планшет засечек.

Предположим, что истинный репер получился в точке $P_{ист}$ (рис. 143), а засеченный по звуку — в точке $P_{зв}$. Из рис. 143 видно, что ошибка при засечке репера с правой базы будет $\Delta\alpha_1 = \alpha'_{зв} - \alpha'_{ист}$, а ошибка с левой базы — $\Delta\alpha_2 = \alpha''_{зв} - \alpha''_{ист}$.

Величины $\Delta\alpha_1$ и $\Delta\alpha_2$ и будут являться систематическими ошибками для данных баз.

Пример. Пусть с правой базы получили $\alpha'_{ист} = -2\text{-}50$, а $\alpha'_{зв} = -1\text{-}90$ и с левой базы $\alpha''_{ист} = +3\text{-}00$ и $\alpha''_{зв} = 3\text{-}40$. Ошибки будут $\Delta\alpha_1 = +0\text{-}60$ и $\Delta\alpha_2 = +0\text{-}40$.

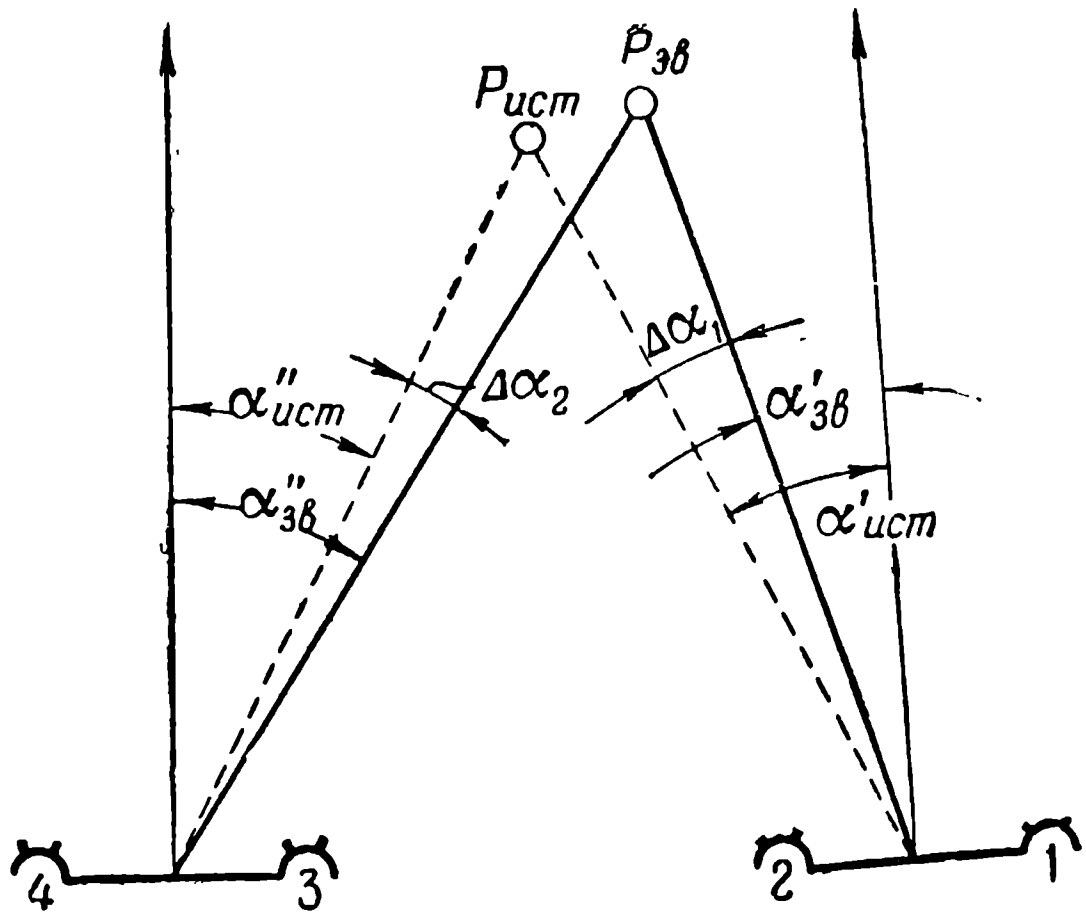


Рис. 143. Определение систематической ошибки при нанесении на планшет истинного положения репера $P_{ист}$ и положения, определенного звуковой разведкой $P_{зв}$

Поправка всегда равна ошибке с обратным знаком, т. е. для определения поправки надо из $\alpha_{ист}$ вычесть $\alpha_{зв}$. В нашем случае поправка для правой базы будет $\Delta\alpha_1 = -0\text{-}60$ и для левой $\Delta\alpha_2 = -0\text{-}40$.

Например, получив по какой-либо цели с правой базы $\alpha_1 = -2\text{-}00$ и с левой $\alpha_2 = +4\text{-}30$, мы должны к этим величинам прибавить поправки с их знаками, в результате чего будем иметь углы α с учетом систематической ошибки, а именно для правой базы $\alpha_1 = -2\text{-}60$ и для левой $\alpha_2 = +3\text{-}90$.

На практике учет систематической ошибки производится расчетным способом путем ввода поправки в синус угла α и графическим способом путем поворота директрисы на величину поправки $\Delta\alpha$ или же путем непосредственного построения истинного направления директрисы, т. е. направления, построенного с учетом систематической ошибки.

В первом случае, имея на планшете построительные дуги (окружности), определяют для каждой базы при помощи циркуля и масштабной линейки величину синуса угла α по реперу, нанесенному по истинным координатам. Затем, вычитая из величины $\sin\alpha^{P}_{ист}$ величину $\sin\alpha^{P}_{зв}$, полученную по звуковым засечкам (по τ среднему и длине базы во времени T), определяют поправку, которая будет равна

$$\Delta\sin\alpha = \sin\alpha^{P}_{ист} - \sin\alpha^{P}_{зв}. \qquad (13)$$

Для того чтобы получить истинную величину синуса угла α по какой-либо цели ($\sin\alpha^{ц}_{ист}$), прибавляют полученную поправку $\Delta\sin\alpha$ к величине $\sin\alpha^{ц}_{зв}$, полученной по этой цели, и получают

$$\sin\alpha^{ц}_{ист} = \sin\alpha^{ц}_{зв} + \Delta\sin\alpha. \qquad (14)$$

Пример. Пусть с правой базы определили по реперу $\sin\alpha^{P}_{ист} = -250$ и $\sin\alpha^{P}_{зв} = -190$; поправка $\Delta\sin\alpha$ будет равна -60. Получив теперь по какой-либо цели величину $\sin\alpha^{ц}_{зв} = -200$, будем иметь величину синуса угла α по этой цели с учетом систематической ошибки $\sin\alpha^{ц}_{ист} = -260$.

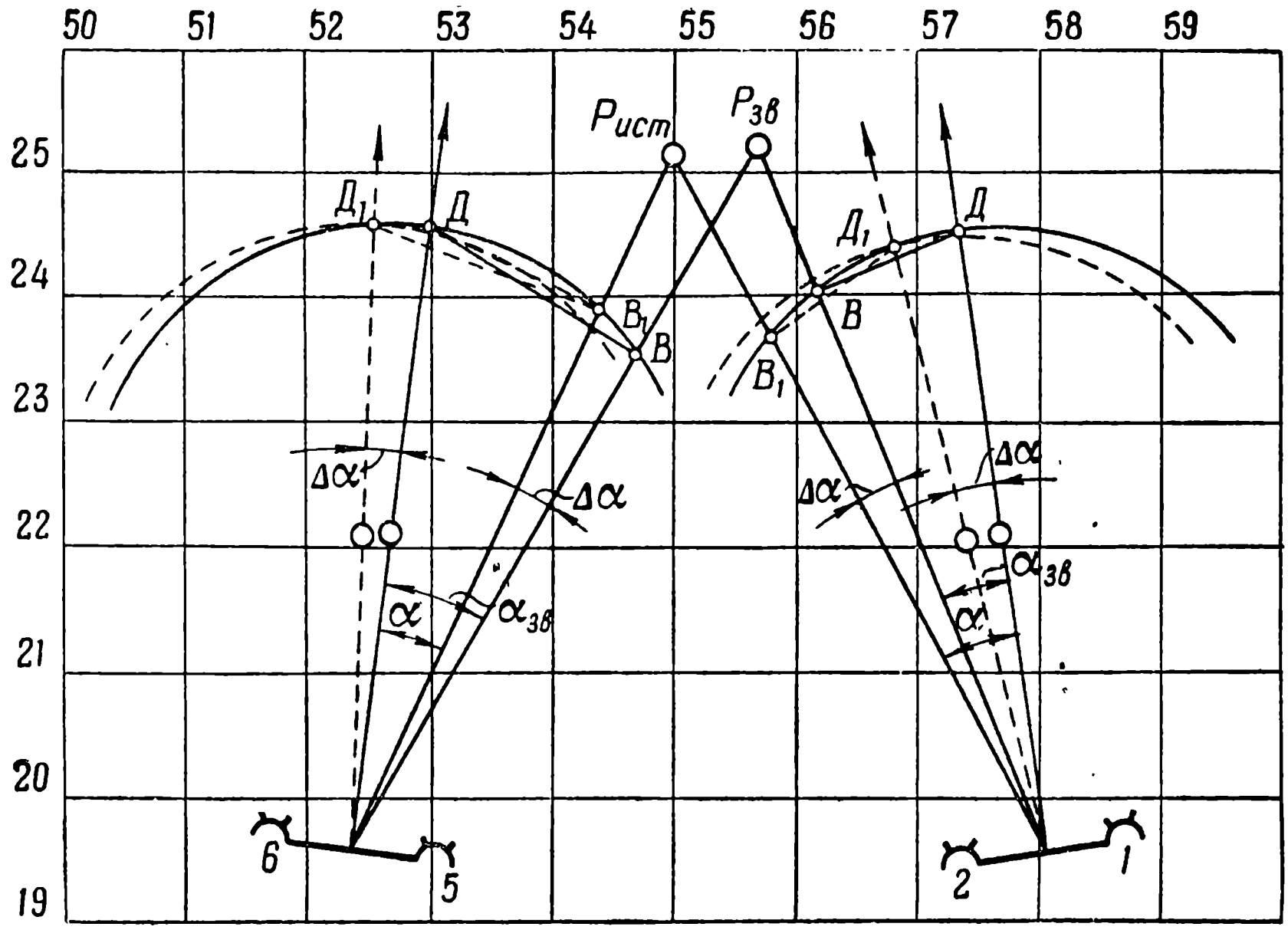


Рис. 144. Исключение систематической ошибки путем поворота директрис

Исключение систематической ошибки путем поворота директрис можно производить в тех случаях, когда директрисы были уже построены обычным способом. Предположим, что работа велась при помощи директрис и дуг, изображенных на рис. 144 сплошными линиями.

В результате создания звукового репера получили на планшете точки $P_{ист}$ и $P_{зв}$. В этом случае измеряют углы $\Delta\alpha$ между направлениями на точки $P_{ист}$ и $P_{зв}$ (см. рис. 144) при помощи хордоугломера и согласно полученным величинам этих углов повертывают директрисы, т. е. строят новые направления их, измененные на величины $\Delta\alpha$. Поворот директрис производится в сторону истинного положения репера ($P_{ист}$). Как видно из рис. 144, директрисы обеих баз повернуты влево. На рис. 144 положение повернутых директрис показано пунктиром.

В дальнейшем построение направлений на цель производится от этих исправленных директрис, для чего на их направлениях проводят построительные дуги, показанные на рис. 144 пунктиром, а ранее проведенные дуги стирают. Совершенно очевидно, что директрисы можно повернуть, не пользуясь хордоугломером. Для этого надо хорду $ДВ$, соответственно равную синусу угла α ($\sin\alpha_{зв}^{P}$), отложить в обратную сторону по дуге от точки B_1 — точки пересечения окружности с направлением на $P_{ист}$, как это показано пунктирной линией на рис. 144. Затем через полученную точку $Д_1$ провести новую директрису.

Исключение систематической ошибки путем непосредственного построения истинной директрисы производят в тех случаях, когда директрисы не были построены обычным путем. В этом случае на планшет наносят репер $P_{ист}$ по истинным координатам (рис. 145), прочерчивают на него направления из центров каждой базы и на этих направлениях проводят построительные дуги (на рис. 145 дуги указаны пунктиром), в пересечении которых с направлениями $OP_{ист}$ получают точки $Д_1$ и $Д_2$. По получении по данному

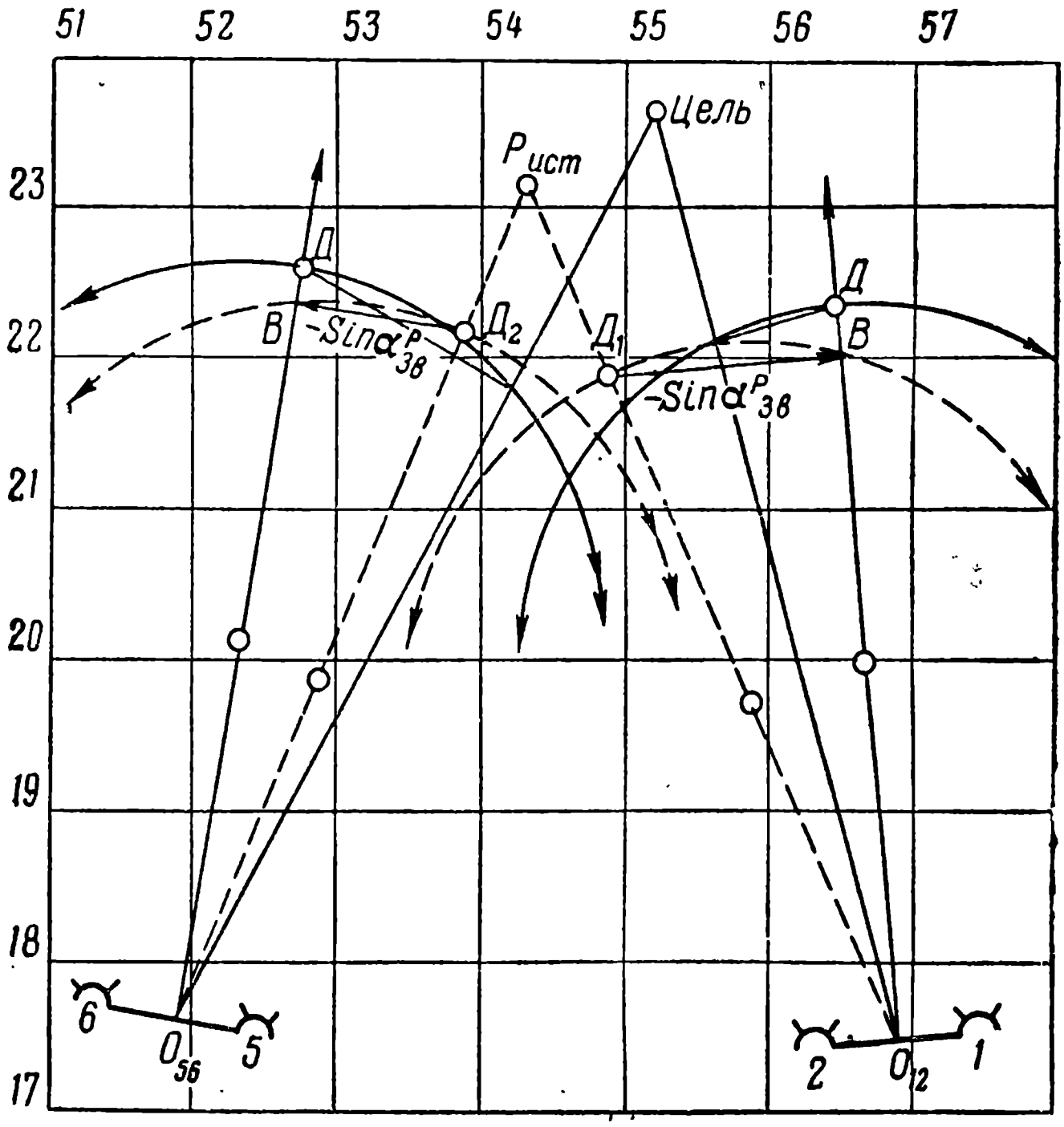


Рис. 145. Построение истинной директрисы по звуковому реперу

реперу синусов углов $\alpha^{P}_{зв}$ откладывают от точек $Д_1$ и $Д_2$ по дуге величины их (хорды $Д_1B$ и $Д_2B$) с обратным знаком и получают точки B. Эти точки и будут лежать на истинных направлениях директрис. Далее через полученные точки B проводят направления директрис и дуги с центром на этих директрисах. Ранее прочерченные направления на точку $P_{ист}$ и дуги стирают.

При получении синусов углов α по какой-либо цели построение направлений производят от вновь построенных директрис (см. рис. 145). При наличии третьей базы поворот или построение директрис производится так же, как и для правой или левой базы.

При создании в полосе разведки двух и более реперов, как это указано на рис. 142, работа ведется на отдельных планшетах соответственно каждому реперу. Если же поправка вводится расчет-

ным способом, то работу ведут на одном планшете независимо от числа реперов, принимая для каждой цели соответствующую величину поправки, полученную по одному или другому реперу.

Как указывалось выше, при изменении метеорологических элементов на величины, указанные на стр. 213, систематическая ошибка определяется заново.

При работе с учетом систематической ошибки репер и цель засекаются обычно по $\sin \alpha$ без учета каких-либо поправок, и только при небольших дальностях, когда разность поправок на удаление по реперу и по цели велики (более 1—2 делений угломера), репер и цель засекаются с учетом поправок на удаление.

При работе в горных условиях, когда разница в высотах местоположения репера и цели велика, вводится поправка на превышение.

Работа с учетом систематической ошибки имеет тот недостаток, что требует создания звуковых реперов и что при изменении метеорологических элементов свыше пределов, указанных на стр. 213, надо снова определять величину систематической ошибки, т. е. надо снова создавать звуковые реперы.

Если по каким-либо причинам не представляется возможным заново определить систематическую ошибку, то при изменении метеорологических элементов надо в получаемые по цели синусы углов α вводить поправку на изменение метеорологических элементов. Учет изменения температуры производится просто. Так как счетная звукометрическая линейка настраивается всегда по скорости звука при данной температуре, то при изменении температуры на $\pm 3°$ надо только передвинуть движок в соответствующую сторону: при увеличении температуры — влево на одно деление шкалы, а при уменьшении температуры — вправо.

При изменении скорости или направления ветра надо определять разность поправок

$$\Delta\tau_W = \Delta\tau''_W - \Delta\tau'_W,$$

где $\Delta\tau''_W$ — поправка для данного момента;

$\Delta\tau'_W$ — поправка для момента создания звукового репера.

Пример. Пусть $\Delta\tau''_W = -15$, а $\Delta\tau'_W = -10$, тогда $\Delta\tau_W = -5$. При наличии метеобюллетеня с распределением метеорологических элементов по высоте поправки на ветер берут по значениям акустической высоты.

Но подобного рода учет изменения метеорологических элементов менее точен, чем учет при помощи реперов, поэтому прибегать к нему при наличии только наземных метеорологических данных надо в крайних случаях.

При изменении параллакса перьев поправку на изменение вносят, как и поправку на ветер, т. е.

$$\Delta\tau_P = \Delta\tau''_P - \Delta\tau'_P,$$

где $\Delta\tau''_P$ — поправка для данного момента;

$\Delta\tau'_P$ — поправка для момента создания звукового репера.

При графическом способе учета систематической ошибки изменяют направление директрис согласно величине и знаку дополнительной поправки.

Учет систематической ошибки при топографической привязке звуковых постов по карте приемами глазомерной съемки

Непременным условием для работы с учетом систематической ошибки должно быть равенство ошибок при засечке репера и при засечке цели.

В дальнейшем будем считать, что ошибки при засечке репера и цели, вызываемые ошибками в определении и учете метеорологических данных, одинаковы.

При топографической привязке звуковых постов по карте приемами глазомерной съемки круговая ошибка привязки принимается равной 1 *мм* в масштабе карты. Например, при работе с картой в масштабе 1 : 25 000 или 1 : 50 000 круговая ошибка в привязке будет в первом случае порядка 25 *м* и во втором случае порядка 50 *м*. Привязка звуковых постов по карте производится к двум разным контурным точкам, поэтому в данном случае будем иметь круговую ошибку привязки $r_1 = r\sqrt{2}$. В соответствии с этим будем считать ошибку топографической привязки звуковых постов по карте $r\sqrt{2} = 35$ *м* при работе с картой в масштабе 1 : 25 000 и $r\sqrt{2} = 70$ *м* при работе с картой в масштабе 1 : 50 000.

Для исследования вопроса возможности работы с исключением систематической ошибки при топографической привязке звуковых постов по карте воспользуемся формулами (5) и (8).

Будем обозначать углы α и дальности по реперу через $\alpha_Р$ и $Д_Р$, а углы α и дальности по цели через $\alpha_ц$ и $Д_ц$. Обозначим случайные ошибки по направлению r_1 через a_1 и по направлению r_2 — через a_2. Согласно формулам (5) и (8) найдем разность в ошибках по реперу и по цели:

$$\Delta\alpha_1 = \Delta\alpha_Р - \Delta\alpha_ц = a_1\left(\frac{1}{2Д_Р}\cos\alpha_Р - \frac{1}{l}\operatorname{tg}\alpha_Р - \frac{1}{2Д_ц}\cos\alpha_ц + \frac{1}{l}\operatorname{tg}\alpha_ц\right)$$

или

$$\Delta\alpha_1 = a_1\left[\frac{1}{2Д_Р}\cos\alpha_Р - \frac{1}{2Д_ц}\cos\alpha_ц + \frac{1}{l}(\operatorname{tg}\alpha_ц - \operatorname{tg}\alpha_Р)\right] \qquad (15)$$

и

$$\Delta\alpha_2 = \Delta\alpha_Р - \Delta\alpha_ц = a_2\left(\frac{1}{2Д_Р}\sin\alpha_Р + \frac{1}{l} - \frac{1}{2Д_ц}\sin\alpha_ц - \frac{1}{l}\right)$$

или

$$\Delta\alpha_2 = a_2\left(\frac{1}{2Д_Р}\sin\alpha_Р - \frac{1}{2Д_ц}\sin\alpha_ц\right). \qquad (16)$$

Исследуем сначала вопрос при $\alpha_Р = \alpha_ц$. В этом случае

$$\Delta\alpha_1 = \frac{a_1}{2}\cos\alpha\left(\frac{1}{Д_Р} - \frac{1}{Д_ц}\right) \text{ и } \Delta\alpha_2 = \frac{a_2}{2}\sin\alpha\left(\frac{1}{Д_Р} - \frac{1}{Д_ц}\right).$$

Переходя теперь к срединным ошибкам и считая $a_1 = a_2 = r$, будем иметь

$$E_{\alpha Д} = \sqrt{\Delta\alpha_1^2 + \Delta\alpha_2^2}$$

или

$$E_{\alpha Д} = \frac{r}{2}\sqrt{\cos^2\alpha\left(\frac{1}{Д_Р} - \frac{1}{Д_ц}\right)^2 + \sin^2\alpha\left(\frac{1}{Д_Р} - \frac{1}{Д_ц}\right)^2}, \qquad (17)$$

откуда

$$E_{\alpha Д} = \frac{r}{2}\cdot\frac{Д_ц - Д_Р}{Д_ц Д_Р}, \qquad (18)$$

где $E_{\alpha Д}$ — срединная ошибка в определении направления на цель с учетом систематической ошибки при одинаковых углах α по реперу и по цели.

Пример. При $Д_ц = 5{,}5$ *км* и при $Д_Р = 7{,}5$ *км* ошибка $E_{\alpha Д}$ при $r = 70$ *м* будет равна 1,7 деления угломера.

Отсюда видим, что ошибка $E_{\alpha Д}$ мала.

Следовательно, при условии равенства углов α по реперу и по цели учет систематической ошибки при привязке звуковых постов по карте производить можно.

При одинаковых дальностях до репера и до цели, т. е. когда $Д_Р = Д_ц$, получаем

$$\Delta\alpha_1 = a_1\left[\frac{1}{l}(\operatorname{tg}\alpha_ц - \operatorname{tg}\alpha_Р) + \frac{1}{2Д}(\cos\alpha_Р - \cos\alpha_ц)\right] \qquad (19)$$

и

$$\Delta\alpha_2 = \frac{a_2}{2Д}(\sin\alpha_Р - \sin\alpha_ц). \qquad (20)$$

Принимая во внимание, что на практике угол α редко бывает больше 30°, величина $\frac{a_1}{2Д}(\cos\alpha_Р - \cos\alpha_ц)$ при средних дальностях засечки мала (при $r = 100$ *м* порядка одного деления угломера). Вследствие этого членом $\frac{1}{2Д}(\cos\alpha_Р - \cos\alpha_ц)$ ввиду его малости будем пренебрегать. Величина $\frac{a_2}{2Д}(\sin\alpha_Р - \sin\alpha_ц)$ при $a_2 = 100$ *м* будет порядка нескольких делений угломера и по сравнению с величиной $\frac{a_1}{l}(\operatorname{tg}\alpha_ц - \operatorname{tg}\alpha_Р)$ при углах $\alpha_ц$ и $\alpha_Р$, не равных нулю, будет мала; этой величиной также будем пренебрегать. При таком условии согласно формуле (19) при $a_1 = r$ будем иметь срединную ошибку, равную

$$E_\alpha = \frac{r}{l}(\operatorname{tg}\alpha_ц - \operatorname{tg}\alpha_Р), \qquad (21)$$

где E_α — срединная ошибка в определении направления на цель с учетом систематической ошибки при одинаковых дальностях по

цели и по реперу. Согласно формуле (4) можем сказать, что ошибка E_α зависит только от ошибки в определении длины базы l.

Для анализа этой формулы составим таблицу ошибок E_α при $\alpha_ц = 30°$ и при различных углах $\alpha_р$.

Таблица ошибок E_α при $\alpha_ц = 30°$, при различных значениях r и при $l = 1$ км

$\alpha_р$ \ r	1	2	3	5	10	25	50	100
0	1	1	2	3	6	15	29	58
15	0	0	1	3	4	7	14	27
30	0	0	0	0	0	0	0	0

Из таблицы видно, что при $r > 3$ м ошибки в зависимости от разности в углах α по реперу и по цели могут достигать значительных величин. В данном случае работа с учетом систематической ошибки может дать удовлетворительные результаты только при ошибках привязки звуковых постов не более 3 м, т. е. при ошибке в длине базы не более 3 м.

Наконец, рассмотрим вопрос при условии, что длина акустической базы определена точно.

В этом случае в формуле (15) член $\frac{1}{l}(\operatorname{tg}\alpha_ц - \operatorname{tg}\alpha_р)$, зависящий от ошибки в определении длины базы, пропадет, так как ошибка в длине базы Δl будет равна не a_1, а нулю, и тогда срединная ошибка при засечке цели согласно формулам (15) и (16) при $a_1 = a_2 = r$ будет:

$$E_\alpha = r\sqrt{\Delta\alpha_1^2 + \Delta\alpha_2^2}$$

или

$$E_\alpha = \frac{r}{2}\sqrt{\left(\frac{1}{Д_р}\cos\alpha_р - \frac{1}{Д_ц}\cos\alpha_ц\right)^2 + \left(\frac{1}{Д_р}\sin\alpha_р - \frac{1}{Д_ц}\sin\alpha_ц\right)^2} =$$

$$= \frac{r}{2}\sqrt{\frac{1}{Д_р^2}\cos^2\alpha_р + \frac{1}{Д_ц^2}\cos^2\alpha_ц - \frac{2}{Д_р Д_ц}\cos\alpha_р\cos\alpha_ц + \frac{1}{Д_р^2}\sin^2\alpha_р +}$$

$$+ \frac{1}{Д_ц^2}\sin^2\alpha_ц - \frac{2}{Д_р Д_ц}\sin\alpha_р\sin\alpha_ц =$$

$$= \frac{r}{2}\sqrt{\frac{1}{Д_р^2} + \frac{1}{Д_ц^2} - \frac{2}{Д_р Д_ц}\cos(\alpha_р - \alpha_ц)}.$$

Вынесем $Д_р Д_ц$ из-под корня и, обозначив разность углов $\alpha_р - \alpha_ц$ через β, получим

$$E_\alpha = \frac{r}{2Д_р Д_ц}\sqrt{Д_ц^2 + Д_р^2 - 2Д_р Д_ц\cos\beta}. \qquad (22)$$

Выражение под корнем есть не что иное, как квадрат стороны, лежащей против угла β треугольника *ОРЦ* (рис. 146). Обозначив эту сторону (*ЦР*) через *В*, будем иметь

$$E_\alpha = \frac{rB}{2Д_Р Д_ц}, \qquad (23)$$

где E_α — срединная ошибка в определении направления на цель при учете систематической ошибки и при точном определении длины базы (ошибка, зависящая только от ошибки в определении центра акустической базы).

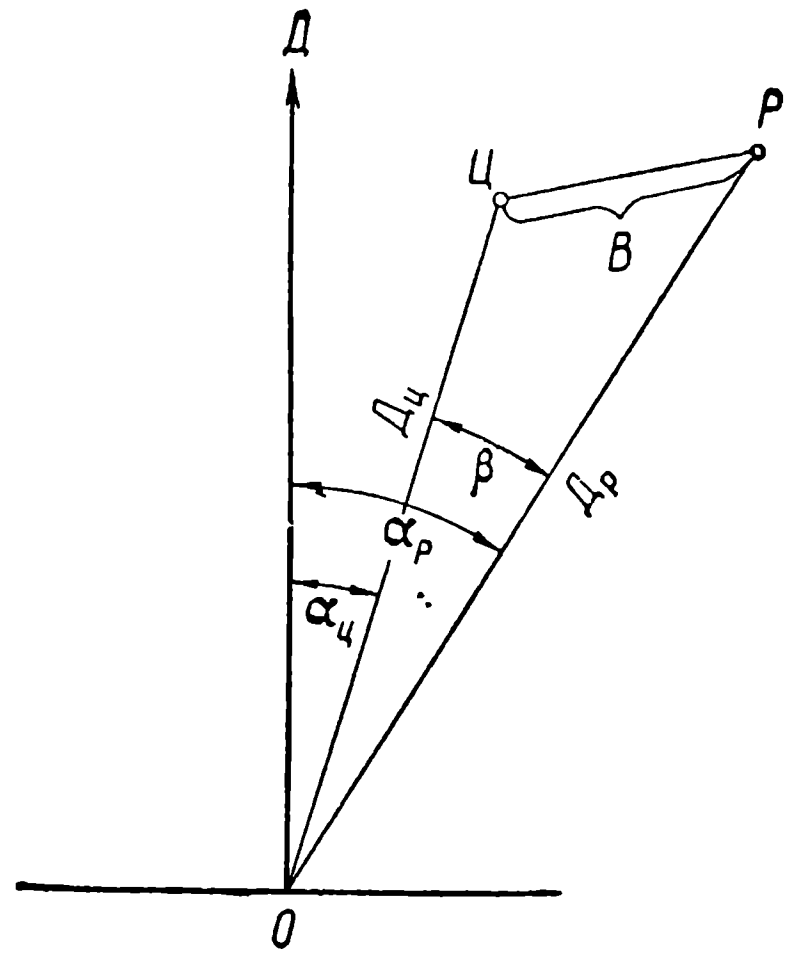


Рис. 146. Положение репера (точки *Р*) относительно цели

Пример. Возьмем $B = 2$ *км* и дальности до репера и до цели 7 *км*, тогда при ≈ 100 *м* ошибка в засечке цели будет:

$$\frac{100 \cdot 2000}{2 \cdot 49000000} \approx 0{,}002,$$

или около 2 делений угломера.

Таким образом, при точном определении длин акустических баз (с ошибкой не более 3 *м*) работа с учетом систематической ошибки может дать удовлетворительные результаты даже при привязке звуковых постов по карте масштаба 1 : 50 000.

Расположение реперов в этом случае должно быть таким же, как это показано на рис. 142.

Отсюда видно, какое большое значение имеет точное определение длины базы *l*.

Длина акустической базы при топографической привязке звуковых постов по карте может определяться непосредственным промером на местности или же по звуку.

При определении длины акустической базы по звуку поступают следующим образом. Метрах в 20 от звукоприемника по направлению базы (вне ее пределов) выбирают точку и производят на ней два — три подрыва заряда ВВ весом 50—100 *г*. Звук подрыва принимается обоими звукоприемниками данной базы; по записям на ленте определяют величину разности времени τ, которая с учетом поправки на параллакс перьев и будет являться базой во времени *Т*. При записи двух — трех подрывов берут среднее значение величины *Т*. При необходимости определения длины базы в метрах величину *Т* умножают на скорость звука с учетом виртуальной температуры и ветра.

Тогда длина базы

$$l = T(C + W\cos\gamma).$$

Для более точного определения длины базы надо подрывы давать на обоих концах базы. В этом случае исключается влияние ветра на скорость звука и тогда среднее значение базы во времени

$$T_{ср} = \frac{T_п + T_л}{2},$$

где $T_п$ — величина базы во времени, определяемая по подрыву у правого звукового поста базы;

$T_л$ — величина базы во времени, определяемая по подрыву у левого звукового поста.

В этом случае

$$l = T_{ср}C.$$

Подобно этому определяются длины других акустических баз и вообще отрезки линий на местности.

Точность определения длины базы при подрывах на одном конце базы характеризуется ошибкой порядка 5 *м* и при подрывах на обоих концах базы ошибкой порядка 2—3 *м*.

На основании измерения расстояний по звуку можно производить топографическую привязку элементов боевого порядка подразделения звуковой разведки и отдельных огневых позиций. Для этого при помощи звукоприемников, выставленных на концах базиса и на привязываемых точках, принимают звуки подрывов зарядов ВВ, производимых на концах базиса, и по записям этих звуков определяют длину базиса и расстояния от концов его до привязываемых точек. Далее графическй путем засечки с концов базиса определяют местоположение привязываемых точек.

Однако определение координат привязываемых точек сопровождается большими ошибками, порядка 20 и более метров, в силу чего способ топографической привязки по звуку не нашел себе применения. Поэтому на нем более подробно останавливаться не будем.

Центр акустической базы после получения точной длины ее остается на планшете на прежнем его месте, т. е. там, где он был нанесен согласно координатам звуковых постов, определенным по карте.

§ 6. ОШИБКИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ

Для расчета ошибок в определении координат целей воспользуемся формулой, которая выведена при условии, что дальности до цели от центров акустических баз одинаковые. Формула имеет такой вид:

$$a = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{ДE}{1000 \cdot \sin \beta} \text{ и } b = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{ДE}{1000 \cdot \cos \beta}, \qquad (24)$$

где a — большая полуось эллиптической ошибки в метрах;

b — малая полуось эллиптической ошибки в метрах;

$Д$ — дальность засечки в метрах;

E — срединная ошибка в определении угла α;

β — половина угла засечки.

Из формулы (24) видно, что ошибки a и b зависят от дальности засечки, ошибки в угле α и от величины угла засечки. Интересно отметить, что полуось a увеличивается с уменьшением угла засечки 2β. При $2\beta = 90°$ ошибки a и b делаются равными и эллиптическая ошибка превращается в круговую.

С точки зрения точности работы желательно углы 2β иметь равными 90°, но в этом случае надо иметь очень длинную геометрическую базу, следовательно, очень широкий фронт развертывания звукового подразделения. Ввиду этого длину геометрических баз берут порядка половины дальности засечки. В этом случае углы 2β будут около 30° или синус угла β порядка 0,25. При меньших длинах геометрических баз, т. е. при меньших величинах углов засечки, полуось a делается большой и не удовлетворяет точности определения координат цели.

Наименьшая величина полуоси a получается при работе с учетом систематической ошибки при засечке цели непосредственно после засечки репера. В этом случае при $E_{\alpha_c} = 2{,}3$ деления угломера (см. § 4 настоящей главы) и $2\beta = 30°$: $a = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{Д \cdot 2{,}3 \cdot 4}{1000} = 6{,}5 \frac{Д}{1000}$ или около $0{,}7\% Д$ и $b = 0{,}2\% Д$ или 2 делениям угломера. Например, при $Д = 7$ *км*, $a = 49$ *м* и $b = 14$ *м*.

Метеорологические данные после определения систематической ошибки и до следующего ее определения изменяются, в силу чего (как и при работе с учетом распределения метеорологических данных по высоте) увеличивается ошибка в определении координат цели. Вследствие этого, как показывает опыт работы, ошибки по дальности получаются порядка $1\% Д_з$ и по направлению порядка 4 делений угломера. Заметим, что ошибки, получаемые вследствие изменения метеорологических данных, являются зависимыми, они вызываются на обеих базах одной и той же причиной, поэтому ошибки эти не могут быть учтены по формуле (24), которая дана для ошибок независимых.

При учете систематической ошибки при аналитическом методе привязки звуковых постов наиболее полно учитываются ошибки в определении метеорологических элементов данного момента, а также ошибки, возникающие вследствие ошибок привязки звуковых постов.

При работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте ошибки при засечке цели, получающиеся вследствие ошибок в привязке звуковых постов, не исключаются; кроме того, недостаточно полно учитываются ошибки в определении и учете метеорологических элементов.

Поэтому способ работы с учетом систематической ошибки при аналитическом методе привязки звуковых постов является наиболее надежным.

Графически ошибки в определении координат целей при работе различными способами можно представить так, как это изобра-

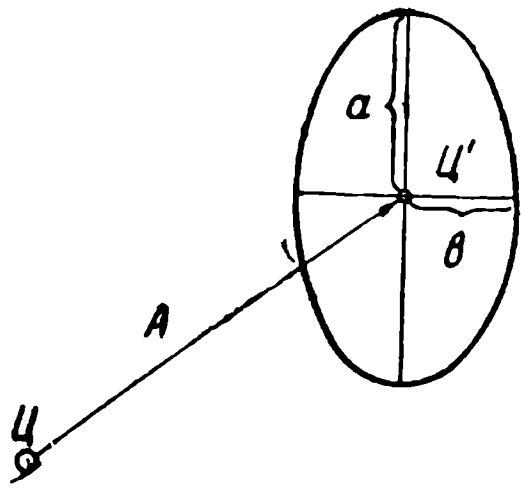


Рис. 147. Смещение центра группирования (эллипса ошибок) на величину вектора A относительно истинного положения цели точки $Ц$

жено на рис. 147, на котором истинное положение цели показано в точке $Ц$,. а засеченное в точке $Ц'$. При работе с учетом наземных метеорологических данных при дальности засечки более 3—4 *км* постоянная ошибка (вектор A) велика (может достигать нескольких сот метров).

При работе с учетом распределения метеорологических данных по высоте постоянная ошибка (вектор A) гораздо меньше, чем при работе с учетом наземных метеорологических данных. Наконец, при работе с учетом систематической ошибки постоянная ошибка близка к нулю (вектор A близок к нулю).

Эллиптическая ошибка, вызываемая случайными ошибками, при всех способах работы остается равной по дальности около $1\% Д_з$ и по направлению (при топографической привязке звуковых постов, а не центров акустических баз) — 4 делениям угломера.

В заключение следует сказать, что на основе анализа ошибок и опыта работы акустические базы следует брать длиной в 1—1,5 *км*, геометрические базы должны быть равны половине дальности засечки (углы засечки 2β около 30°) и углы α не более 40°.

ЗАДАЧИ К ГЛАВЕ VIII

Задача 1. Определить ошибку в определении поправки на ветер при $W = 5$ *м/сек* и $\theta = 5\text{-}00$, если при определении этих величин допустили ошибку в скорости ветра на 1 *м/сек* и в направлении на 1-00 в большую сторону (*Ответ*: 3 тысячных.)

Задача 2. Определить ошибку в $\sin\alpha$ при $\tau = 1$ секунде, $l = 1$ *км*, если при определении температуры $t = +20°$ сделали ошибку на 3° в большую сторону. (*Ответ*: 2 тысячных.)

Задача 3. Пользуясь формулой (21), определить разность между ошибками при засечке репера и при засечках цели, если по реперу получили $\operatorname{tg}\alpha_р = +0{,}100$ и по цели $\operatorname{tg}\alpha_ц = +0{,}400$; $r = 20$ *м* и $l = 1$ *км*. (*Ответ*: 6 тысячных.)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ VIII

1. От чего зависит точность определения координат цели?
2. В каких случаях получаются точные и приближенные координаты?
3. Какие координаты принимаются за истинные при неоднократной засечке цели при условии получения точных координат?
4. Следует ли находить среднее арифметическое значение при определении приближенных координат цели?
5. Что понимается под засечкой цели?
6. Как используются точные и приближенные координаты?
7. Каковы причины ошибок звуковой разведки при работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте?
8. Какова зависимость ошибки разброса от длины базы l?
9. Какие ошибки вызываются неточным определением координат звуковых постов?
10. Чему равна срединная ошибка $E_{\alpha m}$?

11. Чем вызывается ошибка $E_{\alpha п}$ и какова величина ее?

12. Какими ошибками сопровождается определение угла α при работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте?

13. Какая прибавляется ошибка при работе с учетом наземных метеорологических данных к ошибкам, получающимся при работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте?

14. Какая ошибка называется систематической ошибкой?

15. Какими ошибками сопровождается определение угла α при засечке цели с учетом систематической ошибки при аналитической привязке звуковых постов?

16. Каковы недостатки работы с учетом систематической ошибки?

17. Каковы преимущества и недостатки в создании звуковых реперов различными способами?

18. Как производится учет систематической ошибки?

19. В зависимости от чего повторно производится определение систематической ошибки?

20. С какой точностью должна быть определена длина базы при работе с учетом систематической ошибки при привязке звуковых постов по карте для того, чтобы получить точные координаты цели?

21. От чего зависит ошибка в определении координат целей?

ГЛАВА IX

БОЕВОЙ ПОРЯДОК ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Боевым порядком подразделения звуковой разведки называется расположение подразделения на местности для ведения разведки и обслуживания стрельбы своей артиллерии.

Все звучащие цели, расположенные в полосе разведки подразделения звуковой разведки, условно подразделяются на ближние и дальние. Ближними считаются цели, удаление которых от переднего края противника не превышает 3 *км*; к ним относятся минометы средних калибров, батальонные и полковые орудия противника. Дальними считаются цели, которые находятся на удалении больше 3 *км* от переднего края противника; к ним относятся минометы крупных калибров и орудия 75—150-*мм* и более крупного калибра.

При достаточном количестве подразделений звуковой разведки на данном участке фронта подразделению звуковой разведки может быть поставлена задача разведки ближних или дальних целей. При наличии на данном участке фронта только одного подразделения звуковой разведки ему может быть поставлена задача разведки ближних и дальних целей. Но в зависимости от условий боевой обстановки одному подразделению звуковой разведки может быть поставлена задача одновременно вести разведку ближних и дальних целей независимо от количества подразделений звуковой разведки на данном участке фронта.

Боевой порядок подразделения звуковой разведки (рис. 148) состоит из звуковых постов (ЗП), поста (постов) предупреждения (ПП), центрального пункта (ЦП) и метеорологического поста (МП). Боевой порядок подразделения звуковой разведки должен выбираться с таким расчетом, чтобы он давал возможность вести непрерывную разведку в границах, определяемых задачей, поставленной подразделению звуковой разведки, а также обеспечивал укрытое расположение от наземного и воздушного наблюдения противника, удобные и скрытые подступы к постам и центральному пункту.

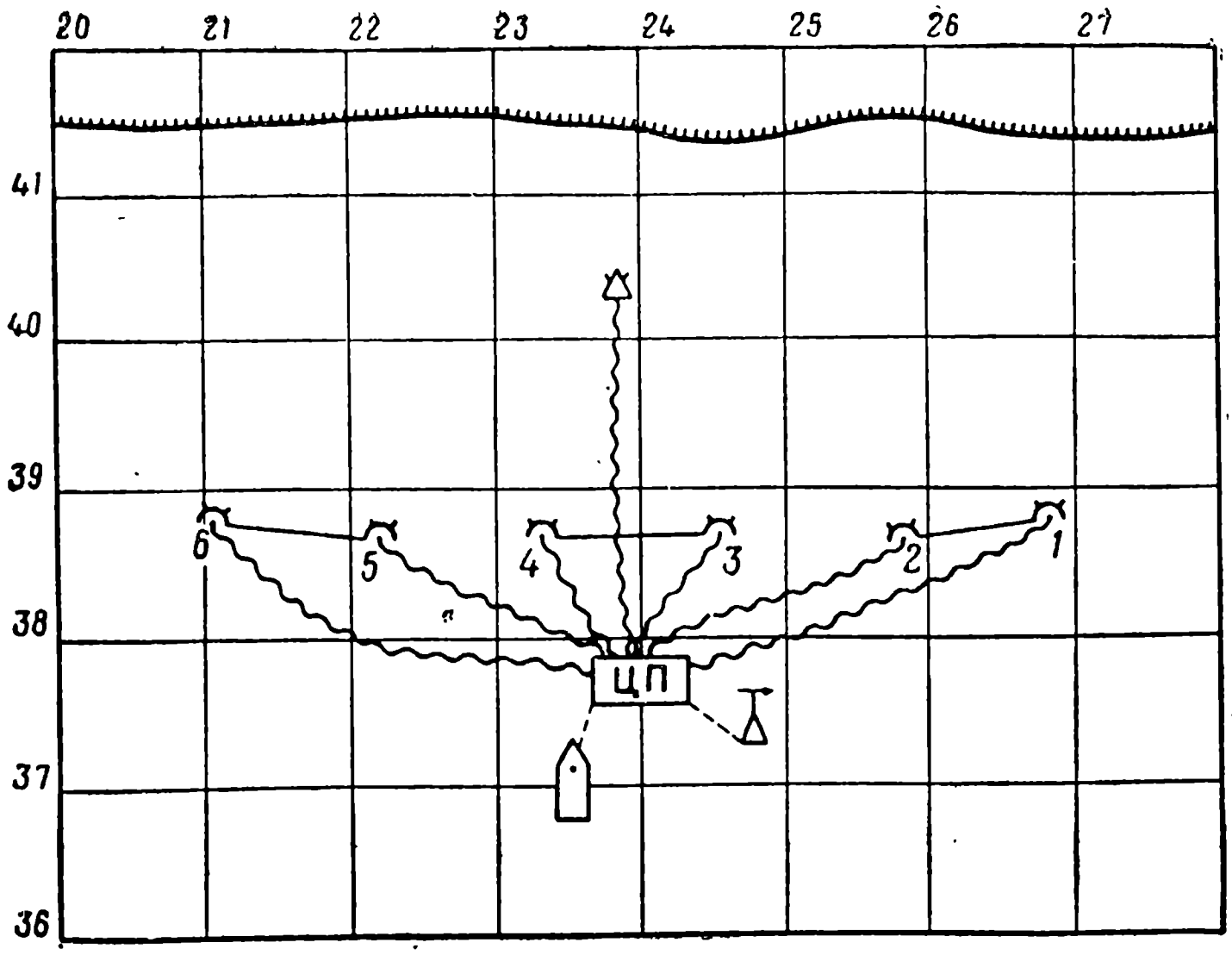


Рис. 148. Схема боевого порядка подразделения звуковой разведки при полном развертывании для засечки дальних целей

Боевой порядок подразделения звуковой разведки, которому поставлена задача разведки дальних или же одновременно дальних и ближних целей, состоит из шести звуковых постов (см. рис. 148), одного — двух постов предупреждения, центрального пункта и метеорологического поста. Один пост предупреждения развертывается обычно при получении задачи на разведку дальних целей и два поста предупреждения при получении задачи на разведку дальних

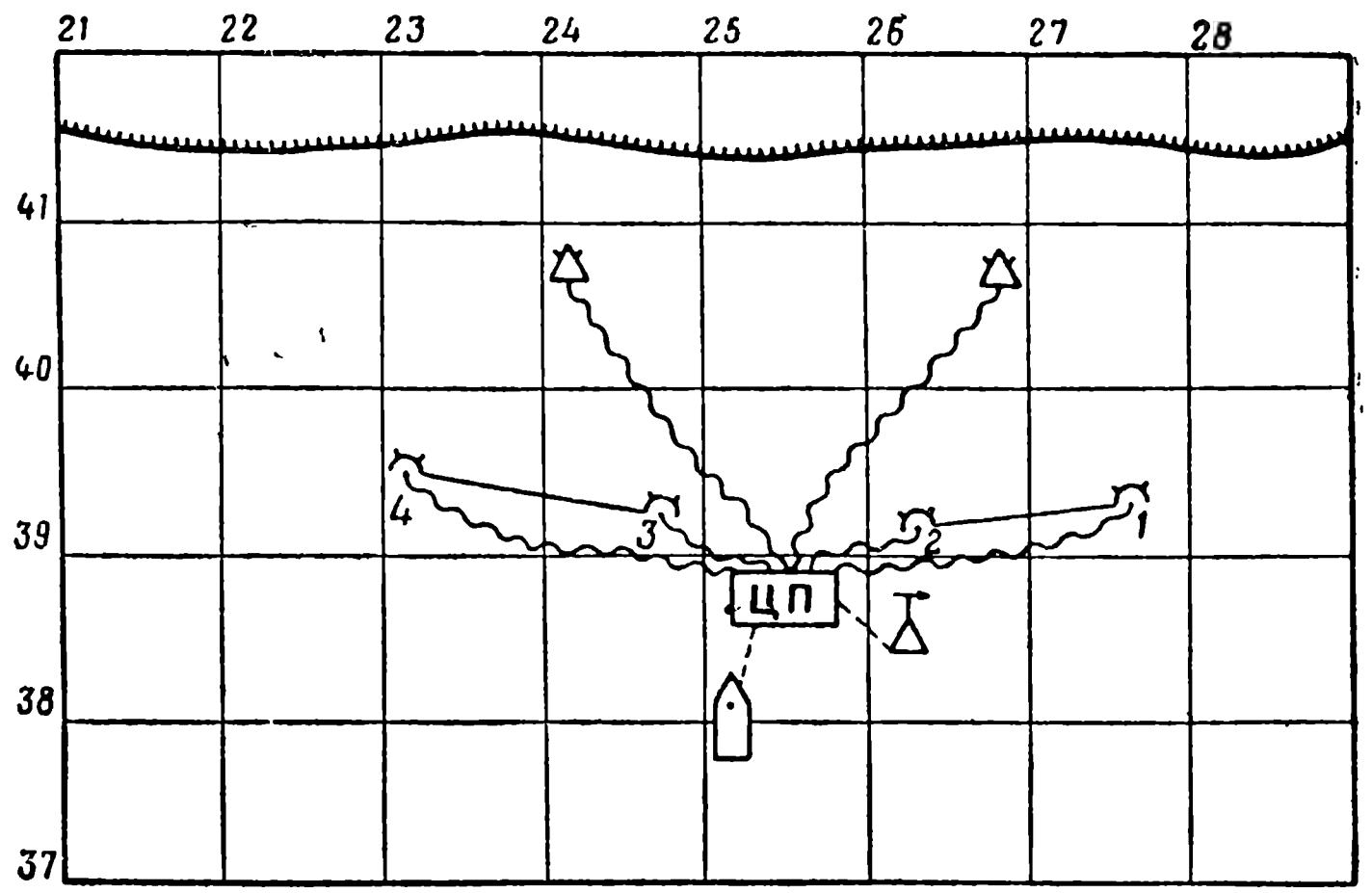


Рис. 149. Схема боевого порядка подразделения звуковой разведки при полном развертывании для засечки ближних целей

и ближних целей. Объясняется это тем (как будет сказано далее), что один пост предупреждения при нормальном удалении его от звуковых постов не в состоянии обеспечить своевременный пуск регистрирующего прибора.

Боевой порядок подразделения звуковой разведки, которому поставлена задача засечки ближних целей, состоит, как правило, из четырех звуковых постов, двух постов предупреждения, центрального пункта и метеорологического поста (рис. 149).

Боевые порядки, показанные на рис. 148 и 149, применяются при полном развертывании подразделения звуковой разведки. Кроме полного развертывания, применяется также сокращенное развертывание, о чем подробнее будет сказано в § 3 настоящей главы.

§ 2. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БОЕВОМУ ПОРЯДКУ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

При развертывании подразделения в боевой порядок необходимо иметь в виду, что успех работы во многом зависит от правильного выбора мест расположения постов и центрального пункта подразделения. Поэтому, прежде чем приступить к изложению вопросов развертывания подразделения, рассмотрим сначала требования, которые предъявляются к боевому порядку звуковой разведки.

Требования, предъявляемые к расположению поста предупреждения

В задачу поста предупреждения входят:

— разведка артиллерии и минометов противника и наблюдение за огневой деятельностью их;

— пуск регистрирующего прибора;

— наблюдение за действиями противника и передовыми частями своей пехоты.

Место расположения поста необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы обеспечить:

— хороший обзор в сторону противника и хорошую слышимость из заданного сектора разведки;

— своевременность пуска регистрирующего прибора;

— удобство прокладки линий связи и маскировку их от наземного и воздушного наблюдения.

Подходы к посту должны быть скрытыми.

Для обеспечения своевременного пуска регистрирующего прибора необходимо иметь в виду следующее. Место поста предупреждения должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы звуковая волна приходила к нему раньше примерно на 1,5 секунды, чем к любому звуковому посту. В зависимости от этого пост предупреждения должен находиться впереди всех звуковых постов и ближе к возможным положениям целей любого из них примерно метров на 500. При полном развертывании подразделения для засечки дальних целей район возможного расположения поста предупреждения определяют так. По карте в полосе разведки в 1—1,5 *км* за передним краем противника намечают ближнюю границу воз-

можных положений целей и из фланговых точек ее *В* и *А* (рис. 150) проводят дуги с таким расчетом, чтобы расстояние между дугой и ближайшим к этой точке звуковым постом было приблизительно 500 *м*. Район, ограниченный дугами, пересекающимися в точке *Е*, и будет районом возможного положения поста предупреждения. На рис. 150 район этот заштрихован. Располагать

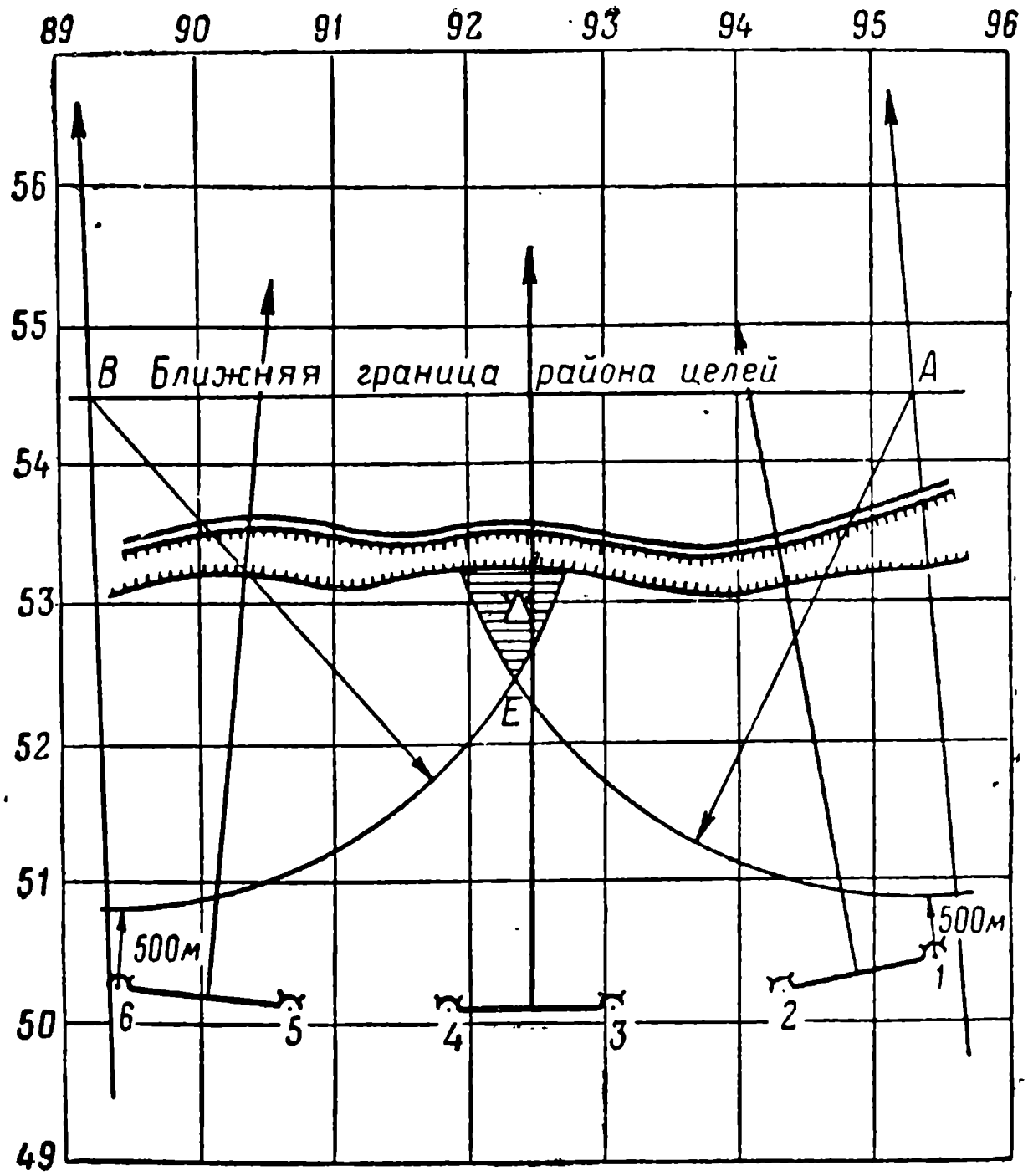


Рис. 150. Определение района расположения поста предупреждения при развертывании для засечки дальних целей

пост предупреждения ближе 500 *м* к переднему краю своих частей не следует, так как ружейно-пулеметная стрельба будет затруднять прием на слух звуков выстрелов.

Расстояние, равное примерно 500 *м*, между дугой и ближайшим к точкам *А* и *В* звуковым постом, берут по следующим соображениям.

Реагирование разведчика на звук выстрела (разрыва снаряда) происходит не мгновенно. На это уходит около 0,2 секунды. После пуска регистрирующего прибора лента набирает нормальную скорость примерно за 0,5—1 секунду. Таким образом, между моментами прихода звука к посту предупреждения и к ближайшему к целям звуковому посту промежуток времени должен быть не менее 1 секунды. С некоторым запасом этот промежуток берут около

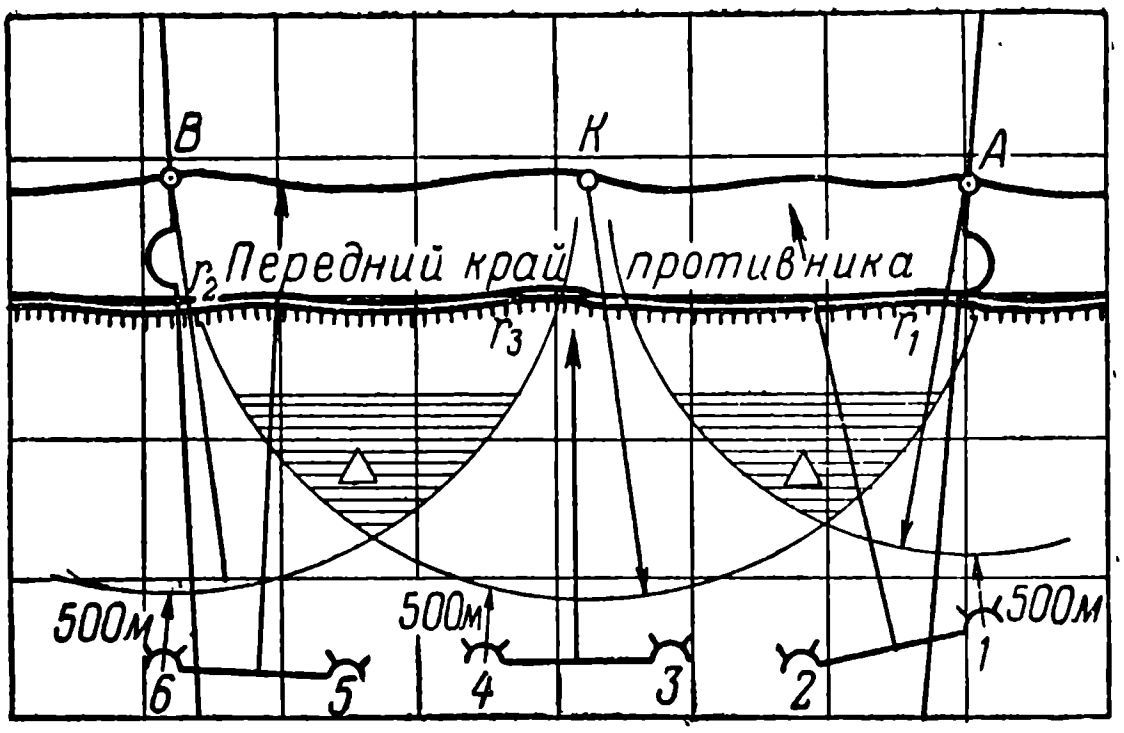


Рис. 151. Определение районов расположения двух постов предупреждения

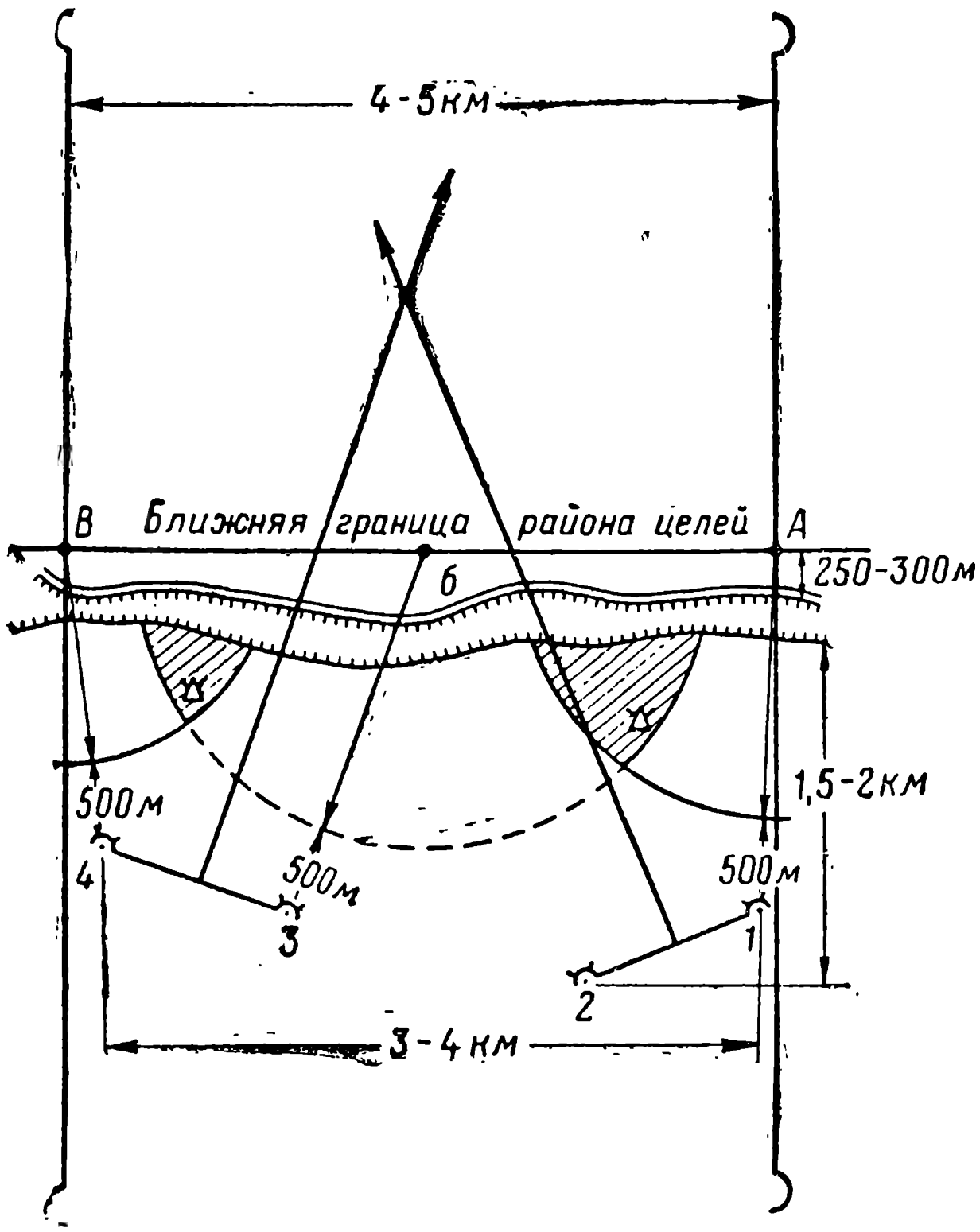


Рис. 152. Определение районов расположения двух постов предупреждения при полном развертывании для засечки ближних целей

1,5 секунды. Звук за 1,5 секунды проходит примерно расстояние 500 *м*. Поэтому между дугой и звуковым постом берут расстояние 500 *м*.

Вполне возможно, что район расположения поста предупреждения окажется небольшим и близко расположенным к переднему краю противника, а возможно также, что дуги, проведенные из точек *В* и *А*, нигде не пересекутся (рис. 151). В этих случаях или относят назад рубеж развертывания звуковых постов, или же выставляют два поста предупреждения. Для определения возможных районов расположения каждого из постов предупреждения проводят еще одну дугу с центром в точке *К* посредине линии *АВ*, проходящую от ближайшего к этой точке звукоприемника также в 500 *м*. В результате пересечения этой дуги с двумя другими дугами получают два района возможного положения постов предупреждения.

На рис. 151 районы эти заштрихованы. Пост предупреждения, расположенный в правом районе, будет обеспечивать правую часть полосы разведки, а пост предупреждения, расположенный в левом районе,— левую часть.

Включение двух приборов-предупредителей в регистрирующий прибор должно быть последовательным.

При полном развертывании подразделения для засечки ближних целей, как правило, устанавливают два поста предупреждения. Выбор их производится так, как это показано на рис. 152. Ближнюю границу района целей берут при этом на 250—300 *м* за передним краем противника.

Требования, предъявляемые к расположению звукового поста

Задачей звукового поста является прием звуков выстрелов и разрывов снарядов и передача электрических сигналов на регистрирующий прибор.

Место стояния звукоприемника является той точкой, относительно которой определяется момент прихода звука к посту звуковой разведки. Поэтому звуковые посты являются основой боевого порядка подразделения звуковой разведки и выбору их должно быть уделено особое внимание.

Место расположения поста должно обеспечивать:

— хорошую слышимость;

— возможность быстро и точно выполнять топографическую подготовку;

— удобство прокладки и маскировки линий связи, а также маскировку от наземного и воздушного наблюдения противника.

С целью обеспечения первого требования наиболее благоприятной местностью для расположения звуковых постов является местность ровная, без высоких густых лесов и с небольшой покатостью в сторону противника, а при работе летом и без крупных водоемов. Вообще посты звуковой разведки лучше располагать на возвышенных и открытых местах, избегая при этом вершин гор и гребней холмов.

Надо иметь в виду, что при наличии преград, в особенности в том случае, если размеры их превышают длину волны, понижается слышимость, так как за преградой образуется звуковая тень, впереди же их образуются отраженные волны, вследствие чего записи получаются с плохими началами и длинными хвостами. К такого рода преградам относятся крутые скаты больших высот, высокий густой лес, населенные пункты городского типа и отдельные большие строения.

Поэтому место расположения звукового поста надо выбирать в 200—300 *м* впереди указанных препятствий или сзади на расстоянии, которое должно быть не менее шестикратного размера препятствия. Например, если высота деревьев в густом лесу равна примерно 20 *м*, то звуковой пост надо располагать не ближе 120 *м* от его опушки.

В лесистой местности, где невозможно избежать преград, звуковые посты лучше располагать на полянах, вырубках, просеках, идущих параллельно фронту, или на наиболее высоких местах. Небольшие рощи и кустарники на слышимость большого влияния не оказывают.

Звуковые посты не следует располагать в оврагах, в лощинах и вблизи крутых обрывов, а также внутри зданий. В последнем случае записи вследствие отражения от стен и сотрясения пола получаются с плохими началами. При размещении звукоприемников в подвалах с твердым грунтом начала записей получаются удовлетворительные.

В летнюю жаркую погоду не следует звуковые посты располагать за крупными водоемами. Во всех случаях не следует звуковые посты располагать вблизи дорог, где происходит оживленное движение, а также в непосредственной близости к пулеметным и другим огневым точкам (огневым позициям). Шум проезжающих машин, стрельба и т. п. мешают работе звукоприемников. Ввиду этого звукоприемники следует располагать не ближе 400—600 *м* от указанных объектов.

Звуковые посты лучше располагать сзади или сбоку огневых позиций своих артиллерийских и минометных батарей, не в ущерб, конечно, дальности засечки. Например, если огневые позиции своей артиллерии расположены далеко от переднего края, то для достижения необходимой дальности засечки, в особенности при плохих условиях слышимости, звукоприемники следует располагать и впереди огневых позиций.

Для ускорения топографической привязки звуковых постов по карте желательно звуковые посты устанавливать вблизи контурных точек.

Требования, предъявляемые к расположению звуковых постов одной акустической базы

Как известно, направление на цель определяется при помощи двух звукоприемников, образующих акустическую базу. Поэтому оба звукоприемника каждой базы должны быть поставлены в оди-

наковые условия работы, что обеспечивает наибольшую точность засечки. Например, если один звукоприемник будет в силу необходимости расположен в лесу, то и другой должен быть поставлен в лесу; если летом в жаркое время один поставлен за озером, то и другой надо ставить за озером и т. д. На рис. 153 цифрами *1*, *2*, *3*, *4* указано неправильное расположение звукоприемников относительно озера. Если по условиям местности нельзя расположить все звуковые посты так, чтобы на направлении распространения звуковой волны от цели до звукового поста не было озера, то лучше расположить за ним все звуковые посты или звуковые посты только одной базы, а звуковые посты другой вынести в сторону от него.

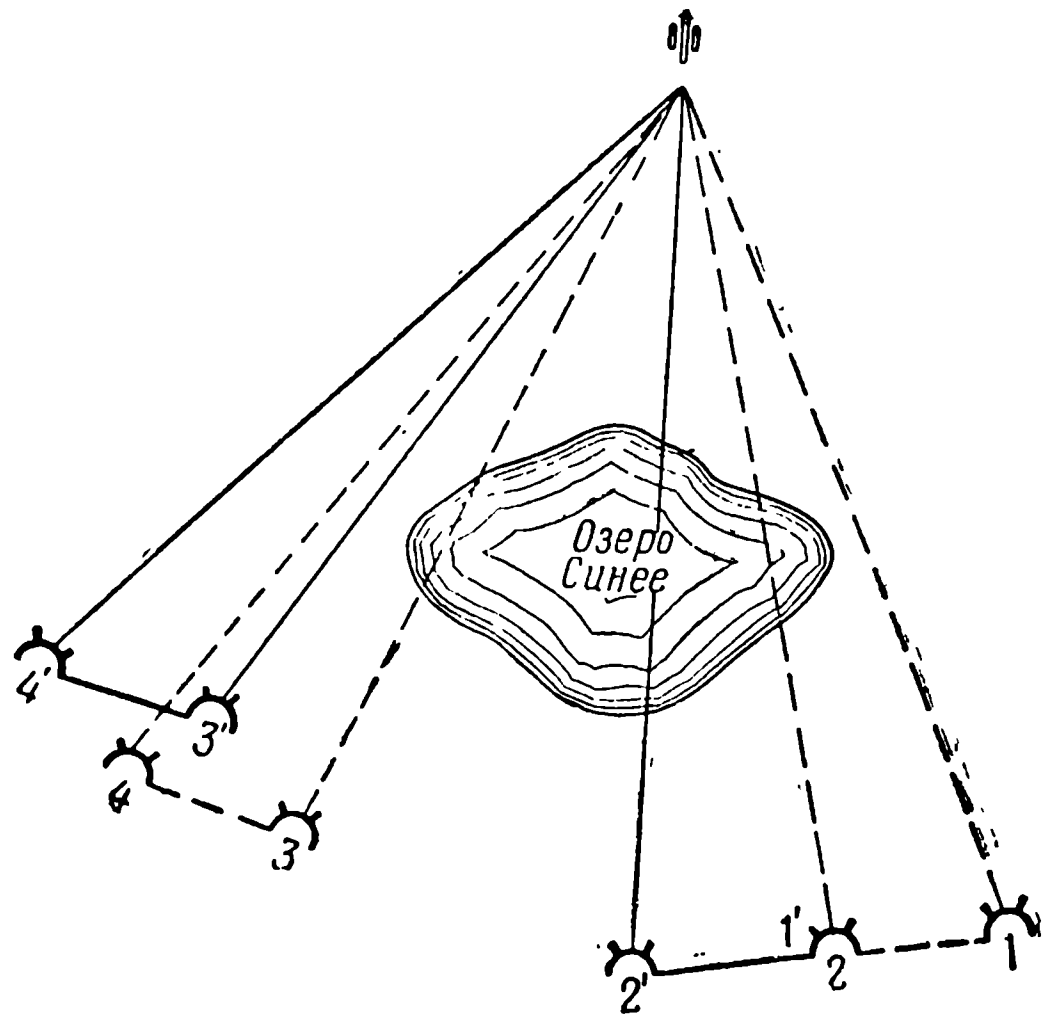


Рис. 153. Правильное (*1′—2′* и *3′—4′*) и неправильное (*1—2* и *3—4*) расположения звукоприемников за озером

На рис. 153 правильное место звуковых постов обозначено точками *1′*, *2′*, *3′* и *4′*.

На слышимость, как известно, оказывают большое влияние скорость и направление ветра. При встречном ветре, увеличивающемся с высотой, или при попутном ветре, уменьшающемся с высотой, боевой порядок батареи звуковой разведки должен быть таким, чтобы влияние ветра меньше сказывалось на работе звуковой разведки.

Интересный пример в этом отношении приведен в статье генерала Жданова Н. Н. о работе звуковой разведки Ленинградского фронта в период Великой Отечественной войны, помещенной в «Артиллерийском журнале» № 7 за 1945 г.

В этой статье говорится, что артиллерия противника длительное время обстреливала промышленные районы Ленинграда. Одним из таких объектов, за которым охотился противник, был завод «Большевик». Но в результате мероприятий, принятых нашими артиллеристами, противник не мог подвести близко своих орудий к объекту разрушения, и ему пришлось поставить их далеко в глубине, чем он в достаточной степени затруднял работу наших разведывательных средств и в том числе работу звуковой разведки.

Далее в статье написано следующее:

«Однажды с началом обстрела завода все стрелявшие в этот момент батареи противника были накрыты нашим огнем. Однако обстрел завода продолжался. Нужно было во что бы то ни стало

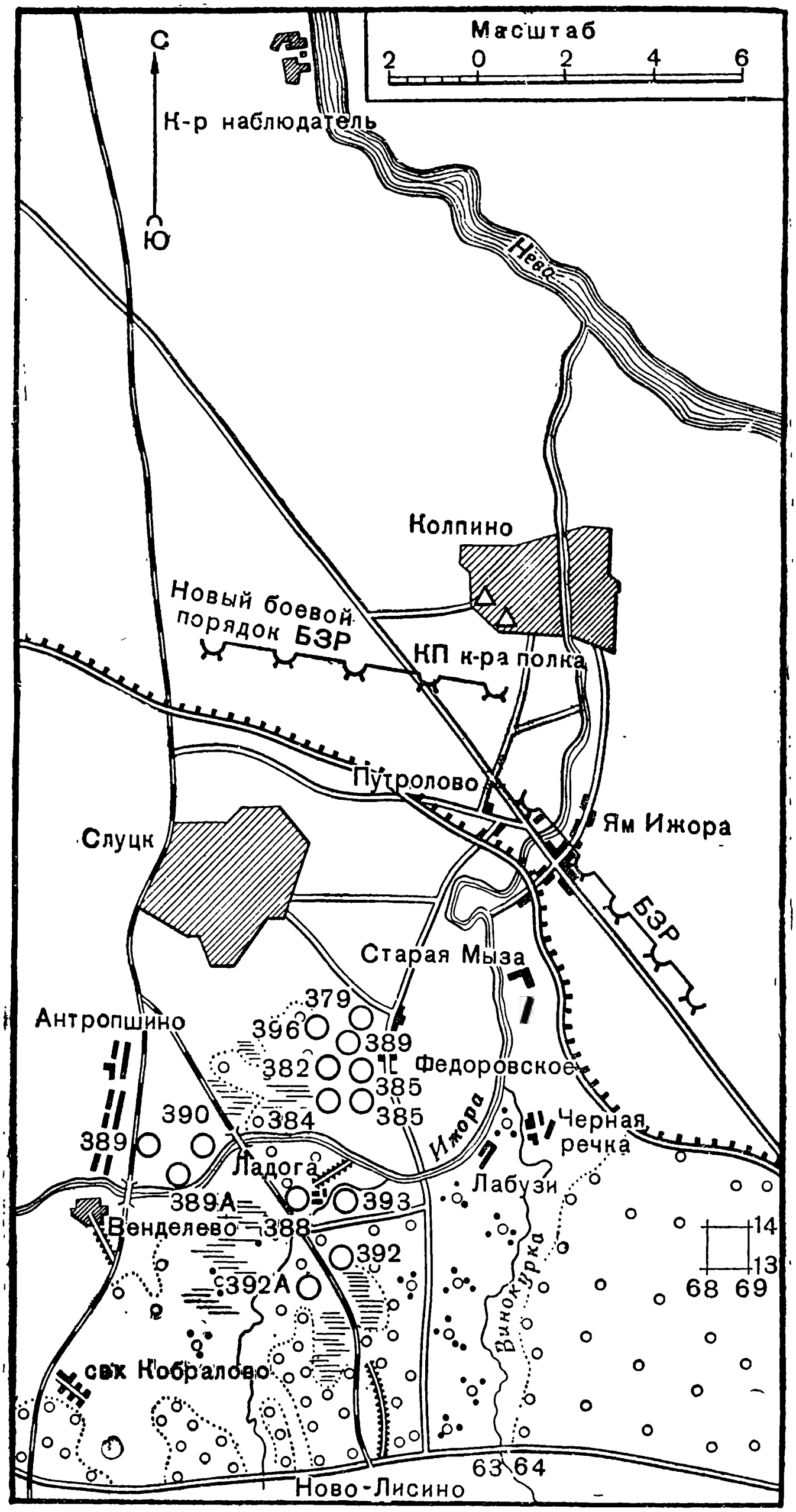


Рис. 154. Для засечки важных целей (392 и 392А) с целью уменьшения влияния ветра боевой порядок БЗР был перемещен на север

найти вражескую батарею. Но как? Самолет в этот день поднять в воздух было нельзя из-за нелетной погоды: была низкая облачность и сильный юго-восточный ветер. Неоднократное фотографирование районов огневых позиций подтвердило лишь то, что нам было известно по данным звуковой и авиационной разведки. Тем временем описанный случай обстрела повторился и, что характерно, в тех же метеорологических условиях: нелетная погода, юго-восточный ветер.

Анализируя это положение, мы пришли к убеждению, что противник в данном случае применил дальнобойную батарею, которая, будучи тщательно замаскирована, производила стрельбу в невыгодных для нашей авиа- и звуковой разведки метеорологических условиях. Кроме того, впоследствии мы узнали, что эта батарея маскировалась еще и огнем других батарей, о чем свидетельствует запись в журнале боевых действий немецкого 768-го тяжелого артдивизиона от 6 ноября 1942 г.: «Во второй половине дня дивизион выпустил 28 снарядов с целью звукомаскировки орудий на железнодорожной установке, стрелявших из района Ново-Лисино».

Наша батарея звуковой разведки (БЗР), расположенная северо-восточнее Федоровское (рис. 154), была направлена на антропшинско-федоровскую артиллерийскую группировку противника, представлявшую для нас интерес. Все батареи этой группировки располагались в пределах досягаемости средств звуковой разведки и хорошо засекались ими. Но батарея, которая обстреливала завод, очевидно, была поставлена очень глубоко в обороне и могла быть засечена только при исключительно хороших для звуковой разведки метеорологических условиях. При старом же расположении БЗР, юго-восточном ветре и при условии, что плоскость стрельбы стрелявшей по заводу батареи, как предполагалось в тот момент, проходила до некоторой степени вдоль баз звукоприемников, создавались весьма неблагоприятные условия для работы БЗР. Записи на ленте БЗР получались настолько слабые, что невозможно было сделать никаких измерений.

Было решено поэтому создать такие условия, при которых можно было бы перемещать БЗР временно в положение, обеспечивавшее возможность засечки батарей противника, стрелявших на северо-восток при юго-восточном ветре. Для этого было проделано следующее:

1. Для БЗР был подготовлен новый боевой порядок северо-восточнее Слуцка (см. рис. 154), куда в случае необходимости могли быть перемещены приборы и там установлены в течение 3—4 часов.

2. Метеорологический взвод изготовил график, в котором по данным синоптики был дан месячный прогноз направления ветра. В частности, в этом графике нас интересовали дни, в которые предполагался юго-восточный ветер. Метеорологический взвод непрерывно следил за периодами смены ветра и предупреждал нас о появлении юго-восточного ветра. По получении этого сообщения командир группы немедленно приказывал БЗР занять новый боевой

порядок, в результате чего получались благоприятные условия для звукометрической засечки.

И вот однажды при юго-восточном ветре БЗР заняла новый боевой порядок. В это время начался обстрел завода. На ленте звукометрической станции появилась четкая запись. Снятые координаты показали местонахождение новых батарей (как потом выяснилось, железнодорожных установок), расположенных северо-западнее Ново-Лисино (цели № 392, 392А, см. рис. 154). Вскоре наши

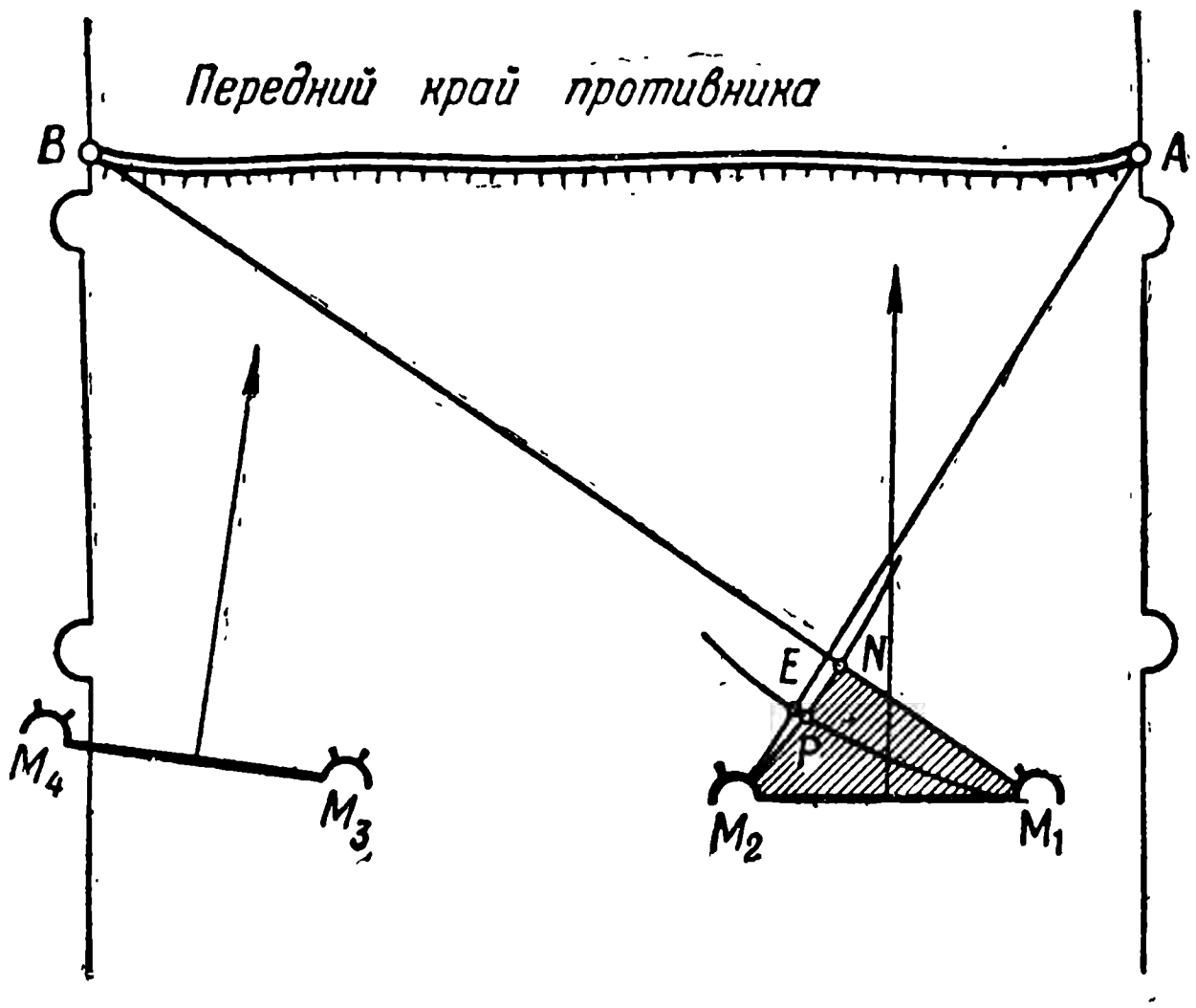


Рис. 155. Участок местности, на котором изменение метеорологических факторов сильно искажает отсчеты

гвардейцы артиллерийского полка обрушились своим огнем на вражеские батареи. Результат был хороший: немецкие орудия с этой позиции больше огня не вели.

Впоследствии, пользуясь этим методом работы, мы обнаружили еще несколько позиций железнодорожных установок и успешно с ними боролись».

Особенно важно иметь одинаковые условия в районе, в котором распространяются звуковые волны от момента подхода их к одному звукоприемнику данной базы и до момента подхода этой волны к другому звукоприемнику этой же базы.

На рис. 155 этот район на участке правой базы ограничен для звуковой волны, исходящей из точки A, дугой EM_1, отрезком луча EM_2 и базой M_1M_2. Для звуковой волны, исходящей из точки B, район этот ограничен дугой NM_2, отрезком луча NM_1 и базой M_1M_2. В результате для всех целей район этот будет M_1M_2EPN.

Район надежной работы

Из главы VIII нам известно, что ошибки определения координат целей зависят, в частности, от угла засечки, а при неточном определении длин акустических баз — и от угла α. Ошибки эти увеличиваются с уменьшением угла засечки и с увеличением угла α. Исходя из этого, нежелательно иметь углы засечки менее 30° и углы α не более 40°. В соответствии с этим районом надежной работы

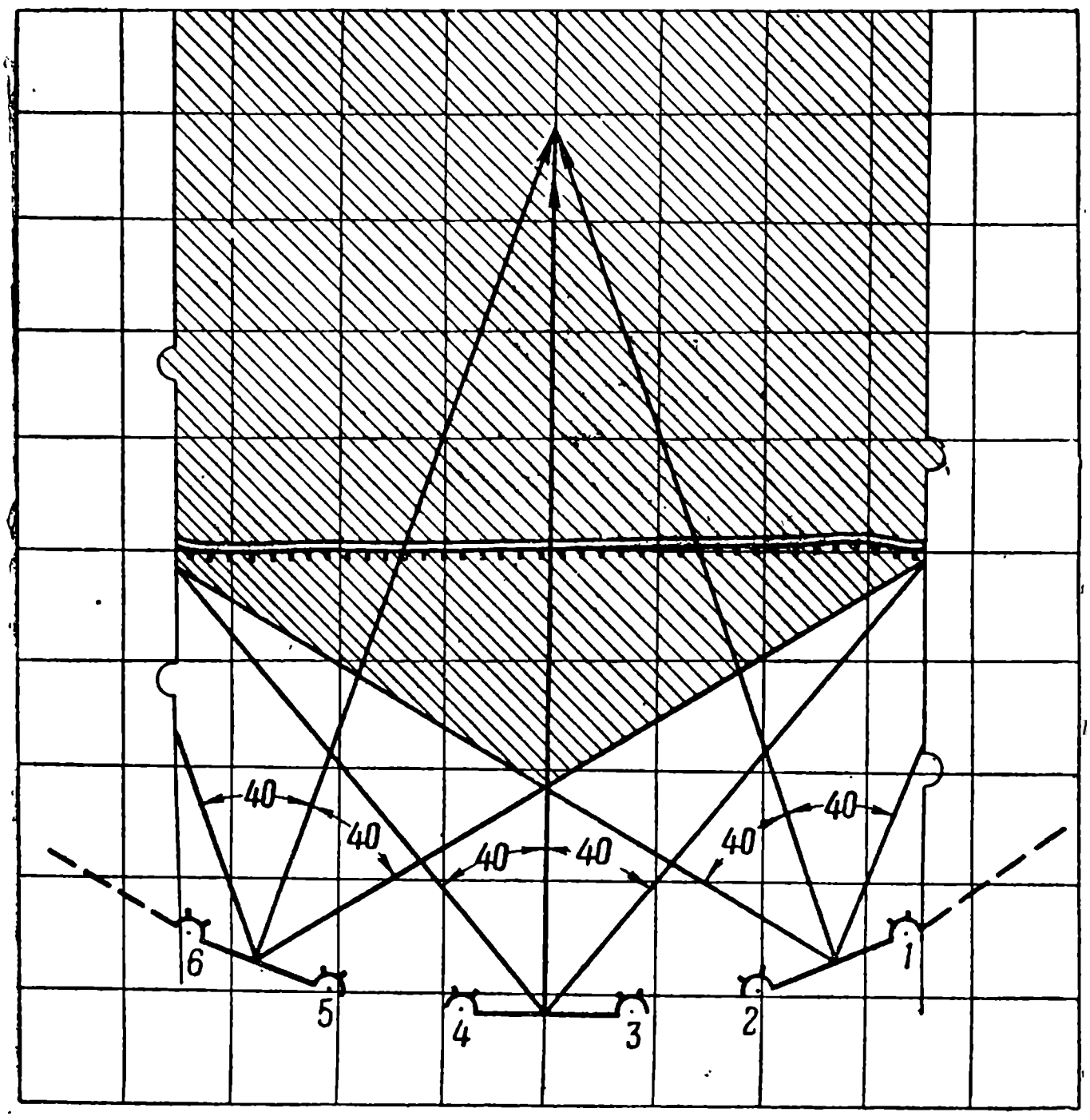


Рис. 156. Район надежной работы

будем считать такой район, по любой точке которого углы засечки будут не меньше 30° и углы α будут не больше 40°.

С целью получения углов засечки от 30° и более длина геометрической базы должна быть не меньше половины дальности засечки.

С целью получения углов α до 40° при развертывании с задачей засечки дальних целей звуковые посты должны быть расположены примерно по дуге окружности с центром в 4—5 *км* за передним краем противника (рис. 156). На рис. 156 район надежной работы заштрихован. Район надежной работы будет и выше штриховки, показанной на рис. 156 (километров до 11 от линии расположения звуковых постов), но для того, чтобы не увеличивать размеры рисунка, на нем показана только часть района надежной работы.

Для того чтобы углы α были не больше 40° при развертывании с задачей засечки ближних целей, звуковые посты надо располагать также примерно по дуге окружности с центром в 2—3 *км* от переднего края противника.

Заметим, что расположение звуковых постов по прямой линии не удовлетворяет решению задачи, так как углы α, например, от направления левой директрисы по правофланговым целям, в особенности по целям, лежащим близко к переднему краю противника, будут значительно больше 40°.

Требования, предъявляемые к расположению центрального пункта

Центральный пункт состоит из центральной станции (регистрирующего прибора и усилительного блока [1]) и пункта обработки.

Задачи центральной станции: а) прием сигналов с постов звуковой разведки и запись их на ленте регистрирующего прибора; б) прием и запись сведений, поступающих с поста предупреждения; в) управление работой поста предупреждения и постов звуковой разведки.

Задачи пункта обработки: а) обработка лент, полученных с центральной станции; б) снятие и обработка отсчетов; в) определение координат целей; г) ведение боевых документов; д) обработка и изучение разведывательных сведений; е) составление боевых донесений; ж) измерение отклонений разрывов от цели и определение координат звукового репера при его создании.

Место центрального пункта должно удовлетворять следующим требованиям — оно должно быть удобно:

— для работы и размещения людей и приборов;

— для прокладки линий связи и путей подъезда;

— для маскировки линий связи и самого пункта обработки от наземного и воздушного наблюдения противника.

Надежность и беспрерывность работы подразделения звуковой разведки во многом зависят от линий связи. Учитывая это, центральный пункт нужно выбирать примерно посредине линий звуковых постов и с целью маскировки и обеспечения более спокойной работы несколько сзади этой линии. При полном развертывании рекомендуется центральный пункт располагать сзади линии звуковых постов, на расстоянии до 1—2 *км*, а при сокращенном развертывании — на расстоянии до 200—300 *м* сзади линии звуковых постов или на линии звуковых постов [2].

Располагать центральный пункт на одном из флангов невыгодно, потому что линии связи до звуковых постов, расположенных на противоположном фланге, будут очень длинными. Электрическое

---

[1] В число приборов центрального пункта входит не только регистрирующий прибор, но и усилительный блок, поэтому лучше центральный пункт подразделять на центральную станцию и пункт обработки.

[2] Если не представляется возможным расположить центральный пункт сзади линии звуковых постов, то его можно расположить и впереди этой линии.

сопротивление этих линий будет велико, дальность засечки с этих постов будет меньше, прокладка и обслуживание линий на эти посты будут затруднены.

Требования, предъявляемые к месту расположения метеорологического поста

Метеорологический пост развертывается отделением метеорологической службы подразделения звуковой разведки.

В обязанности отделения метеорологической службы входит:

— производство наземных метеорологических наблюдений;

— обработка бюллетеней «Метеозвук», получаемых от артиллерийской метеорологической станции.

Отделение метеорологической службы в результате наземных метеорологических наблюдений определяет:

— наземную виртуальную температуру воздуха;

— направление и скорость наземного ветра.

Кроме того, отделение должно вести систематические визуальные наблюдения за состоянием погоды с целью своевременного обнаружения изменений погоды.

Наземные инструментальные и визуальные наблюдения, а также обработка бюллетеней «Метеозвук» производятся согласно правилам, изложенным в Наставлении артиллерии Советской Армии «Артиллерийская метеорологическая служба».

Метеорологический пост располагается вблизи центрального пункта (метров в 50 от него) на возвышенном и открытом месте. Следует избегать расположения метеорологического поста вблизи водных пространств, построек, скал, лощин, вершин холмов и т. п. Метеорологический пост должен быть укрыт от наблюдения противника.

Расположение автомобилей

Автомобили подразделения звуковой разведки сосредоточиваются обычно в районе центрального пункта. Места для автомобилей выбирают в стороне от центрального пункта, приблизительно в 500 *м* от него.

Иногда автомобили звуковых постов остаются вблизи последних. Расстояние от постов до места стояния автомобилей также должно быть несколько сот метров. Автомобили должны быть хорошо замаскированы от наземного и воздушного наблюдения противника.

§ 3. ВИДЫ И НОРМАТИВЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

В зависимости от характера боя и наличия времени подразделение звуковой разведки применяет **полное** или **сокращенное** развертывание.

При **полном развертывании** для разведки дальних целей подразделение звуковой разведки развертывает, как правило, шесть зву-

ковых постов и один пост предупреждения (см. рис. 148) и для разведки ближних целей — четыре звуковых поста и два поста предупреждения (см. рис. 149).

В главе VIII было указано, что для получения точных координат целей длина акустической базы должна быть равна 1—1,5 *км* и длина геометрической базы — около половины дальности засечки. В соответствии с этим для обеспечения точности и требуемой дальности засечки при засечке дальних целей ширина фронта развертывания берется равной 5—7 *км* и при засечке ближних целей — 3—4 *км*; длина акустических баз независимо от ширины фронта развертывания берется равной 1—1,5 *км*.

Расстояние между соседними акустическими базами берется приблизительно равным длине акустической базы (не менее 1 *км*). Это делается для того, чтобы при отказе в работе какого-либо звукоприемника можно было бы образовать акустическую базу между соседними постами.

При полном развертывании для засечки дальних целей звуковые посты надо располагать на удалении 2—2,5 *км* от переднего края своих войск при подготовке наступательного боя и на удалении 3—4 *км* в обороне.

При развертывании подразделения для засечки ближних целей звуковые посты располагаются на удалении 1,5—2,5 *км* от переднего края своих войск в любом виде боя.

Глубина развертывания от поста предупреждения до центрального пункта берется равной 1—4 *км* и от поста предупреждения до средины линии звуковых постов — 1—2 *км*.

Центральный пункт при полном развертывании располагают сзади линии звуковых постов в удалении до 1—2 *км* от ее середины.

Ширина полосы разведки подразделения звуковой разведки при полном развертывании для засечки дальних целей равна 6—8 *км* и для засечки ближних целей — 4—5 *км*.

Полное развертывание производится с задачей получения точных координат целей и применяется в тех случаях, когда на такое развертывание имеется достаточное время, например, в период подготовки наступательного боя и в обороне.

Для получения точных координат целей при полном развертывании топографическая привязка звуковых постов производится на полной топографической основе и работа ведется с учетом систематической ошибки или с учетом распределения метеорологических элементов по высоте.

При полном развертывании производится тщательная рекогносцировка рубежа развертывания и выбор мест расположения звуковых постов, поста предупреждения, центрального пункта и путей подхода к ним.

При полном развертывании для засечки дальних целей на рекогносцировку местности с момента получения задачи требуется 3—5 часов светлого времени. С момента отдачи устного боевого приказа командира подразделения звуковой разведки на развертывание подразделения с топографической привязкой звуковых постов

глазомерно по карте (фотоснимку) требуется 1—2 часа. Для привязки звуковых постов на полной топографической основе топографическим взводом требуется дополнительно 3—4 часа при условии, что привязка начинается сразу же после выбора мест для звуковых постов, т. е. с началом развертывания.

Всего на рекогносцировку местности и на развертывание с топографической привязкой глазомерно по карте (фотоснимку) требуется 4—7 часов и с привязкой на полной топографической основе — 7—11 часов.

При полном развертывании для засечки ближних целей требуется на рекогносцировку 3—4 часа светлого времени, на развертывание в боевой порядок 50 минут — 1,5 часа и на топографическую привязку звуковых постов силами топографического взвода дополнительно 1,5—2,5 часа.

Всего на рекогносцировку местности и на развертывание с топографической привязкой глазомерно по карте (фотоснимку) требуется 4—5,5 часа и с привязкой на полной топографической основе 5,5—8 часов.

Сокращенное развертывание применяется в тех случаях, когда не имеется достаточного времени на полное развертывание.

При сокращенном развертывании обеспечивается наиболее быстрая готовность к разведке целей. Сокращенное развертывание применяется при необходимости подготовки к ведению разведки в ходе боя, например, при бое в глубине обороны противника.

При сокращенном развертывании для засечки дальних целей развертывают четыре звуковых поста и один пост предупреждения на фронте шириной до 3—4 *км*, такое же развертывание применяют и при засечке ближних целей..

При сокращенном развертывании в любом виде боя звуковые посты располагают в 2—3 *км* от переднего края своих войск. Центральный пункт располагают в 200—300 *м* сзади линии звуковых постов или на линии звуковых постов.

Ширина полосы разведки при развертывании с задачей засечки дальних целей равна 4—6 *км* и при развертывании с задачей засечки ближних целей — до 4 *км*.

При сокращенном развертывании для сокращения времени рекогносцировку рубежа развертывания, выбор мест звуковых постов, поста предупреждения и центрального пункта допускается проводить одновременно с развертыванием подразделения, а топографическую привязку звуковых постов производят по карте (фотоснимку). Вследствие этого, а также вследствие трудности определения систематической ошибки в этих условиях боя, координаты засекаемых целей при сокращенном развертывании получаются, как правило, приближенные. Для получения точных координат целей необходимо при первой возможности перейти к полному развертыванию.

С момента получения командиром подразделения звуковой разведки боевой задачи на сокращенное развертывание с привязкой звуковых постов глазомерно по карте (фотоснимку) требуется

1—2 часа. С привязкой звуковых постов в местной системе координат по карте (фотоснимку) при помощи приборов требуется до 4 часов с момента начала развертывания.

В условиях, затрудняющих передвижение (грязь, глубокий снежный покров, горная и лесисто-болотистая местность), а также ночью указанные нормы времени увеличиваются в полтора раза.

В случае временного выхода из строя одного или нескольких звуковых постов засечка может производиться при меньшем числе звуковых постов, чем это было при развертывании. Наименьшее число действующих звуковых постов — 3.

Для определения координат цели по 3—4 отсчетам (без учета времени на дешифрирование ленты) требуется до 5 минут с момента получения последней записи из засеченной группы выстрелов.

На дешифрирование ленты в зависимости от ее сложности (от количества записей на ней) требуется до 10—15 минут. При повторной засечке какой-либо цели на определение ее координат требуется 8—10 минут независимо от сложности дешифрируемой ленты.

Для определения центра группирования разрывов от цели или для определения координат звукового репера требуется от 5 до 10 минут в зависимости от сложности дешифрирования ленты, считая с момента получения записи последнего разрыва данной группы.

На свертывание подразделения звуковой разведки из положения полного развертывания с задачей разведки дальних целей требуется от 1 до 2 часов. На свертывание из положения полного развертывания с задачей засечки ближних целей требуется от 50 минут до 1 часа 10 минут. На свертывание из положения сокращенного развертывания требуется от 40 минут до 1 часа.

§ 4. РЕКОГНОСЦИРОВКА МЕСТНОСТИ

Подразделение звуковой разведки является тактико-технической единицей, способной решать все задачи звуковой разведки. Оно может действовать в бою в составе своей части или быть приданным артиллерийскому соединению (части). В соответствии с этим командир подразделения звуковой разведки получает боевую задачу от командира своей части или от командира соединения (части), которому оно придано.

Получив боевую задачу, командир подразделения звуковой разведки уясняет ее и, оценив обстановку, производит расчет времени и средств для выполнения полученной задачи. После этого производит рекогносцировку местности, отдает устный приказ на развертывание подразделения и разведку противника и организует управление подразделением.

Вопросы о постановке боевой задачи, ее усвоении и о расчете времени и средств на ее выполнение рассмотрим дальше, а сейчас остановимся на вопросе о рекогносцировке местности.

Рекогносцировка местности производится наиболее полно при полном развертывании подразделения звуковой разведки, когда на это имеется достаточно времени, поэтому в первую очередь рассмотрим вопрос о рекогносцировке при указанном виде развертывания.

Рекогносцировка местности с задачей разведки дальних целей производится артиллерийскими разведывательными группами. В целях сокращения времени на рекогносцировку рубежа развертывания, она осуществляется, как правило, тремя разведывательными группами.

Одной из основных задач рекогносцировки является выбор и уточнение мест расположения постов предупреждения, звуковых постов, центрального пункта и путей прокладки линий связи к ним. Исходя из этого, комплектуется состав разведывательных групп. Прокладкой линий связи руководят в основном начальники баз и начальники постов, кроме того, расположение звуковых постов должно быть известно командирам подразделений артиллерийской топографической службы, поэтому в состав группы должны обязательно входить начальники баз, начальник одного из звуковых постов этой базы, начальник поста предупреждения и разведчик от топографического подразделения.

В соответствии со сказанным выше в состав первой разведывательной группы входят: командир подразделения (командир группы), начальник поста предупреждения, начальник одной из крайних баз, выбор которой наиболее труден, начальник одного из постов этой же базы и один звукометрист.

В состав второй разведывательной группы входят: командир линейного взвода (командир группы), начальник средней базы с начальником одного из постов и начальник другой крайней базы также с начальником одного из постов.

В состав третьей разведывательной группы входят: командир измерительно-вычислительного взвода (командир группы), помощник командира линейного взвода и начальник метеорологического поста.

В состав первой и второй групп включают по одному разведчику от топографического подразделения, которое получило задачу на привязку звуковых постов. При наличии достаточного времени первая и вторая группы могут быть объединены командиром подразделения.

На первую и вторую разведывательные группы возлагаются следующие задачи: уяснить на местности передний край противника и своих войск (в полосе разведки подразделения), полосу разведки и районы особого внимания, выбрать место для поста предупреждения, выбрать места для звуковых постов, разведать пути прокладки линий связи, наметить средства для оборудования и маскировки постов, выбрать место для автомобилей баз. Третья разведывательная группа имеет задачу выбрать место для центрального пункта и маршруты подъезда к нему, выбрать место для метеорологического поста и автомобилей подразделения.

Перед началом рекогносцировки командир подразделения изучает рубеж развертывания по карте (фотоснимку), наносит на карту передний край противника, полосу разведки и районы особого внимания и намечает посты звуковой разведки, посты предупреждения, а также место центрального пункта и пути подхода к ним. После этого ставит задачу начальникам групп на рекогносцировку.

Прибыв в район расположения поста, начальники первой и второй групп выбирают места расположения постов, руководствуясь требованиями, предъявляемыми к ним, и дают указания начальникам баз (начальникам постов) отметить выбранные места (точки) колышками (вехами). Кроме того, начальники баз (постов) для быстрого нахождения постов при развертывании отмечают места расположения постов какими-либо хорошо заметными предметами или намечают такие предметы в районе расположения каждого поста. Одновременно с выбором мест расположения постов начальники баз (постов) изучают пути подхода к ним и пути прокладки линий связи.

Места расположения звуковых постов выбираются с таким расчетом, чтобы дирекционные углы директрис отличались от заданных при постановке задачи на рекогносцировку не более чем на 2-00.

При полном развертывании с задачей засечки ближних целей рекогносцировка производится одной разведывательной группой, так как в этом случае развертывают только две базы и развертывание производится на более узком фронте. В состав этой разведывательной группы входят: командир подразделения, начальники постов предупреждения, начальники баз, по одному из начальников постов от каждой базы, начальник пункта обработки и разведчик от топографического подразделения.

Во время рекогносцировки командиры разведывательных групп производят топографическую привязку звуковых постов и постов предупреждения приемами глазомерной съемки по карте (фотоснимку) независимо от того, когда будет производиться топографическая привязка постов топографическим подразделением.

По окончании рекогносцировки все разведывательные группы прибывают на указанный пункт сбора (чаще всего это будет центральный пункт) и здесь, после утверждения докладов начальников групп, командир подразделения отдает устный приказ на развертывание и разведку.

При сокращенном развертывании предварительная рекогносцировка на местности не производится, так как для этого не будет достаточного времени. Решение на развертывание принимается по карте (фотоснимку). Боевая задача ставится на местности с пункта, обеспечивающего просмотр рубежа развертывания.

В процессе развертывания командир подразделения и командиры взводов руководят развертыванием. В случае надобности командир линейного взвода руководит прокладкой линии связи на наиболее трудном направлении.

§ 5. РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ ДЛЯ БОЕВОЙ РАБОТЫ

Подразделение звуковой разведки, как правило, развертывается от центрального пункта к звуковым постам и к посту предупреждения.

В некоторых случаях, например, при перемещении подразделения вдоль фронта, развертывание может производиться с постов одной (крайней) базы к центральному пункту, а на другие посты от центрального пункта.

Начальники баз, начальники постов предупреждения, а также работающий на регистрируемом приборе, получив от своего командира взвода боевую задачу на развертывание, доводят ее до своих подчиненных. Одновременно с этим они напоминают о необходимости соблюдения всех правил прокладки линий связи и указывают на местности направление линий связи и пункты, через которые должны пройти автомобили с проводом. При выборе направления вне дорог необходимо заранее предусмотреть возможность прохода автомобилей по этому направлению. Начальники баз звуковых постов дают позывные и указывают время их готовности.

Прокладкой линий связи на один из звуковых постов базы руководит начальник базы, на другой — начальник поста, принимавший участие в рекогносцировке рубежа развертывания. Прокладкой линий связи на пост предупреждения руководит начальник поста. Линии связи проводят двухпроводные и только в случае повреждения одного из проводов в процессе боевой работы переходят на однопроводную линию.

Если условия местности позволяют, то для прокладки линий связи используют автомобили, на которых развозят телефонный провод по линиям и доставляют приборы на посты. От центрального пункта к постам идет много линий, поэтому, чтобы не перепутать их при включении в линейный щиток, к концам каждого провода привязывают бирки с указанием номера поста; кроме того, оставляемые на центральной станции концы линий связи прикрепляют к колышкам, вбиваемым в землю телефонистами.

При прокладке линий связи необходимо иметь в виду, что при длине линии в 1 *км* она должна быть проложена за 8—13 минут, при подвозке катушек с кабелем и других приборов на машине 3 *км* линии должны быть проложены за 40—50 минут.

В период развертывания постов развертывается регистрирующий прибор (центральная станция) и пункт обработки, при этом регистрирующий прибор должен быть развернут раньше, чем посты.

При всех работах по наводке линий связи весь личный состав поста должен иметь при себе оружие для того, чтобы быть всегда готовым к самозащите и к защите доверенного ему имущества.

Развертывание и работа звукового поста при работе станции СЧЗ-6

Прибыв в район звукового поста, снимают с машины приборы и устанавливают их на место по указанию начальника поста. По окончании развертывания линий связи концы их подключают

к клеммам контрольного прибора, к нему же подключают микротелефонную трубку. Не дожидаясь окончания оборудования поста, начальник его докладывает командиру линейного взвода о прибытии поста. Одновременно с этим он организует инженерное оборудование, маскировку и самооборону поста.

До окончания устройства окопа для звукоприемника его устанавливают временно вблизи подготовляемого окопа. Место для звукоприемника должно представлять собой горизонтальную площадку, на которой звукоприемник устанавливается ручкой кверху и дверкой в сторону противника. Звукоприемник должен плотно прилегать к земле всей своей нижней поверхностью. Ни с какими местными предметами он не должен соприкасаться.

После установки звукоприемника производят регулировку микрофона, после чего при помощи шланга соединяют звукоприемник с контрольным прибором. Тумблер на контрольном приборе устанавливают на положение «Двухпроводная». Если при подключении линейных проводов к линейным зажимам контрольного прибора стрелка миллиамперметра отклонится влево, то провода линии надо поменять местами. Звукоприемник работает, как правило, с закрытой дверкой. Открывают ее только в случае необходимости для регулировки микрофона.

Для регулировки микрофона к зажимам звукоприемника подключают омметр и, вращая наружную фасонную гайку фланца, производят изменение натяжения мембраны микрофонного капсюля до тех пор, пока стрелка омметра не покажет 2000 *ом*. Затем дверка закрывается и запирается, а омметр отключается.

На расстоянии 1—2 *м* один от другого вбивают три заземлителя, соединяют их перемычками, подсоединяют к ним соединительный проводник и подключают его к клемме «З» контрольного ящика. После этого при помощи индуктора вызывают центральный пункт и докладывают о готовности поста к работе. При работе на однопроводной линии сопротивление земли должно обеспечить силу тока в цепи микрофона 4—5 *ма*. По приказанию с центрального пункта «дать хлопки» звукометрист подходит к звукоприемнику и по команде с центрального пункта «раз — два — три» со счетом «три» дает хлопки в ладоши. Хлопки даются на удалении нескольких сантиметров от закрытой дверки звукоприемника, при этом ладони должны быть слегка согнуты. Ни в коем случае нельзя стучать по звукоприемнику или по мембране.

После проверки работы приборов на хлопки запрещается без приказания с центрального пункта какая-либо дальнейшая проверка и регулировка приборов, а также запрещаются все телефонные переговоры неслужебного характера и хождение в радиусе 15—25 *м* от звукоприемника.

Начальник поста производит приемами глазомерной съемки по карте (фотоснимку) топографическую привязку точки стояния звукоприемника (если таковая не была произведена в процессе рекогносцировки) и передает координаты поста по телефону на центральный пункт. Остальной состав, кроме дежурного звукометриста

(телефониста), по приказанию начальника поста производит нерное оборудование и маскировку поста, а также подготовляет места для самообороны.

Для встречи топографов из топографического подразделения начальник поста выставляет маяк.

Обязанности дежурного на звуковом посту

При боевой работе подразделения звуковой разведки на звуковом посту обычно дежурит один из телефонистов или звукометрист. Дежурный должен неотлучно находиться у контрольного прибора, держать трубку у уха и следить за исправностью линии и приборов поста.

Дежурный должен следить за наличием тока в линии по миллиамперметру. Сила тока в линии должна быть порядка 4—5 *ма*. Если токопрохождение отсутствует (что может быть при обрыве одного провода), следует переходить на работу по однопроводной линии. Для этого тумблер нужно установить в положение «однопроводная». Если после этого токопрохождения не будет, то, очевидно, произошел обрыв обоих линейных проводов. Если миллиамперметр показывает силу тока 1—2 *ма*, это значит, что происходит большая утечка тока в линии.

При обрыве одного или обоих проводов или при утечке тока в линии дежурный должен выслать связистов для обнаружения и устранения неисправности и немедленно доложить об этом начальнику поста.

Кроме того, дежурный обязан следить за телефонной связью с центральной станцией, а также укрывать звукоприемник от ветра, а контрольный прибор звукового поста — от дождя и снега.

Защита звукоприемников от ветра

Как правило, звукоприемники должны устанавливаться в отдельном окопе (рис. 157) в 15—25 *м* от места расположения остальных приборов и личного состава поста. Расположение звукоприемников в окопе дает возможность предохранять их от повреждения осколками и защищать от ветра. Ветер приводит мембрану звукоприемника в колебательное движение, и в цепи микрофона возникают колебания тока, вследствие чего на ленте регистрирующего прибора получаются записи ветра (см. запись *16* на рис. 83). Если в какой-либо момент к звукоприемнику подойдет звуковая волна, а в это время мембрана звукоприемника под влиянием ветра находится в колебательном движении, то начало записи звуковой волны будет наложено на запись ветра, вследствие этого определить начало записи дульной волны будет трудно, а иногда и просто невозможно.

При сильном ветре окоп сверху закрывают специально сделанным деревянным щитом, а если щита нет — брезентом, ветками, хворостом, травой и другим подручным материалом и сверху

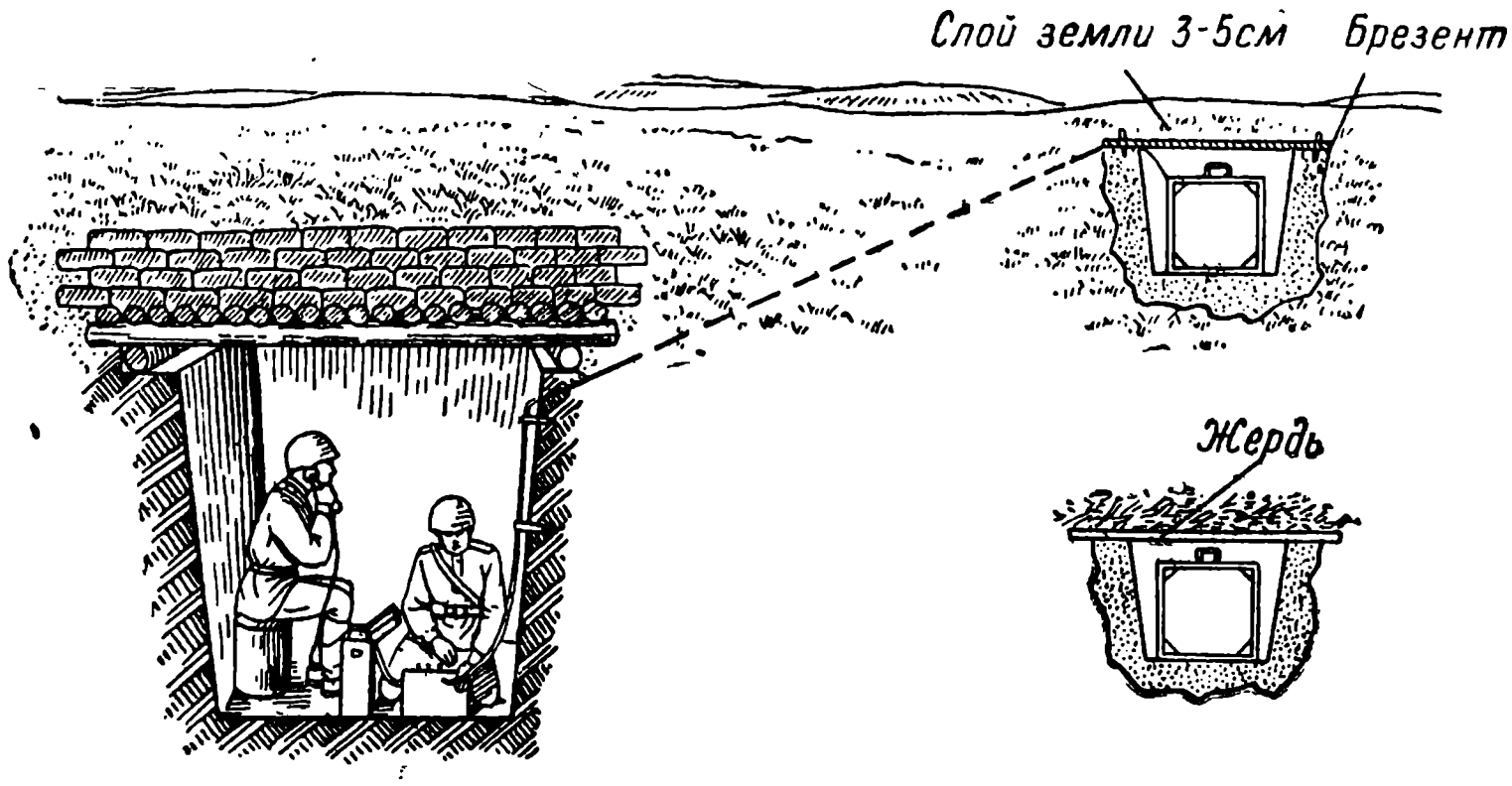


Рис. 157. Блиндаж и окоп звукоприемника на посту звуковой разведки

насыпают слой земли толщиной в 3—5 *см* в зависимости от силы ветра. При этом никаких отверстий оставлять не следует.

Окоп для звукоприемника представляет собой яму глубиной 0,6—1 *м*. Глубина ямы зависит от силы ветра. При более сильном ветре отрывается более глубокая яма. Если обстоятельства не позволяют вырыть окоп, звукоприемник ставят на землю и строят из подручного материала защитный вал высотой до 1 *м*, сверху которого делают навес. Зимой звукоприемник можно ставить в яме, вырытой в снегу. Яму можно закрыть сучьями, ветками и т. п. и сверху засыпать снегом; слой снега должен быть толщиной 5—10 *см*. При расположении звукоприемника в окопе, покрытом сверху, возможно работать при ветре до 10 *м/сек* и более. При защите звукоприемника от ветра необходимо следить за тем, чтобы к нему не прикасался тот материал, при помощи которого делают перекрытие окопа, так как при наличии ветра сучья, ветки и т. п. могут ударять по звукоприемнику и на ленте будут получаться записи, мешающие нормальной работе станции.

Всякая перестановка звукоприемника, а также перестановка его в окоп производится с разрешения работающего на регистрирующем приборе, так как это может помешать приему звуков.

Развертывание и работа поста предупреждения при работе станции СЧЗ-6

Получив приказ командира линейного взвода на развертывание, начальник поста подобно тому, как это было указано при развертывании подразделения, объясняет задачу, после чего отделения приступают к прокладке линий связи. Работа производится, как и при прокладке линий на звуковые посты, но только с еще более тщательной маскировкой.

По прибытии на место располагают контрольный прибор в укрытие, подключают к нему выносную кнопку и устанавливают тумблер на контрольном приборе в положение «Двухпроводная».

К линейным зажимам $Л_1$, $Л_2$ контрольного прибора подключают провода линии связи; при отклонении стрелки миллиамперметра влево надо провода поменять местами.

Проверяют исправность разговорной цепи продуванием, нажимая при этом на клапан микротелефонной трубки.

Затем, как и при развертывании звукового поста, вбивают в землю три заземлителя, соединяют их перемычками и, подключив к одному из заземлителей проводник, другой конец его подключают к клемме «З» контрольного прибора.

После этого вызывают центральную станцию и докладывают о готовности поста к работе.

При работе необходимо следить за исправностью линии по показаниям миллиамперметра. Сила тока в линии должна быть порядка 5 *ма*.

В случае большой утечки тока в линии, а также при обрыве линии следует перейти на однопроводную связь, продолжая давать запуски РП на приходящие сигналы выстрела. При переходе на однопроводную связь необходимо тумблер установить в положение «Однопроводная». При работе на однопроводной линии сопротивление земли должно обеспечить силу тока в цепи пусковой кнопки 5 *ма*.

После перехода на однопроводную связь высылают связиста для обнаружения и устранения обрыва линии или утечки тока в ней.

Получив с центрального пункта команду «Пуск», старший разведчик, имея в руках выносную кнопку, нажимает на кнопку три раза с промежутком примерно в 1 секунду.

Одновременно с развертыванием поста предупреждения по приказанию начальника поста производится инженерное оборудование и маскировка поста, а также принимаются меры для самообороны поста.

Начальник поста предупреждения должен хорошо изучить впереди лежащую местность, выбрать ориентиры, определить направление (буссоль) по ним и дальности и, сообразуясь с выбранными ориентирами, полосу разведки разбить на отдельные секторы по 2-00. Границы секторов отмечаются колышками, забитыми в землю в 1—2,5 *м* от точки наблюдения; на колышках делается надпись с указанием буссоли данного направления. Хорошо обозначенные местные предметы, например, роща «Круглая» (рис. 158), должны целиком войти в отдельные секторы. Затем начальник поста предупреждения вычерчивает схему ориентиров и отправляет ее на центральный пункт [1]. По приказанию с центрального пункта «Наблюдать за целью № 000» устанавливает за данной целью особое наблюдение.

---

[1] На рис. 158 для большей наглядности окоп и личный состав поста показаны незамаскированными.

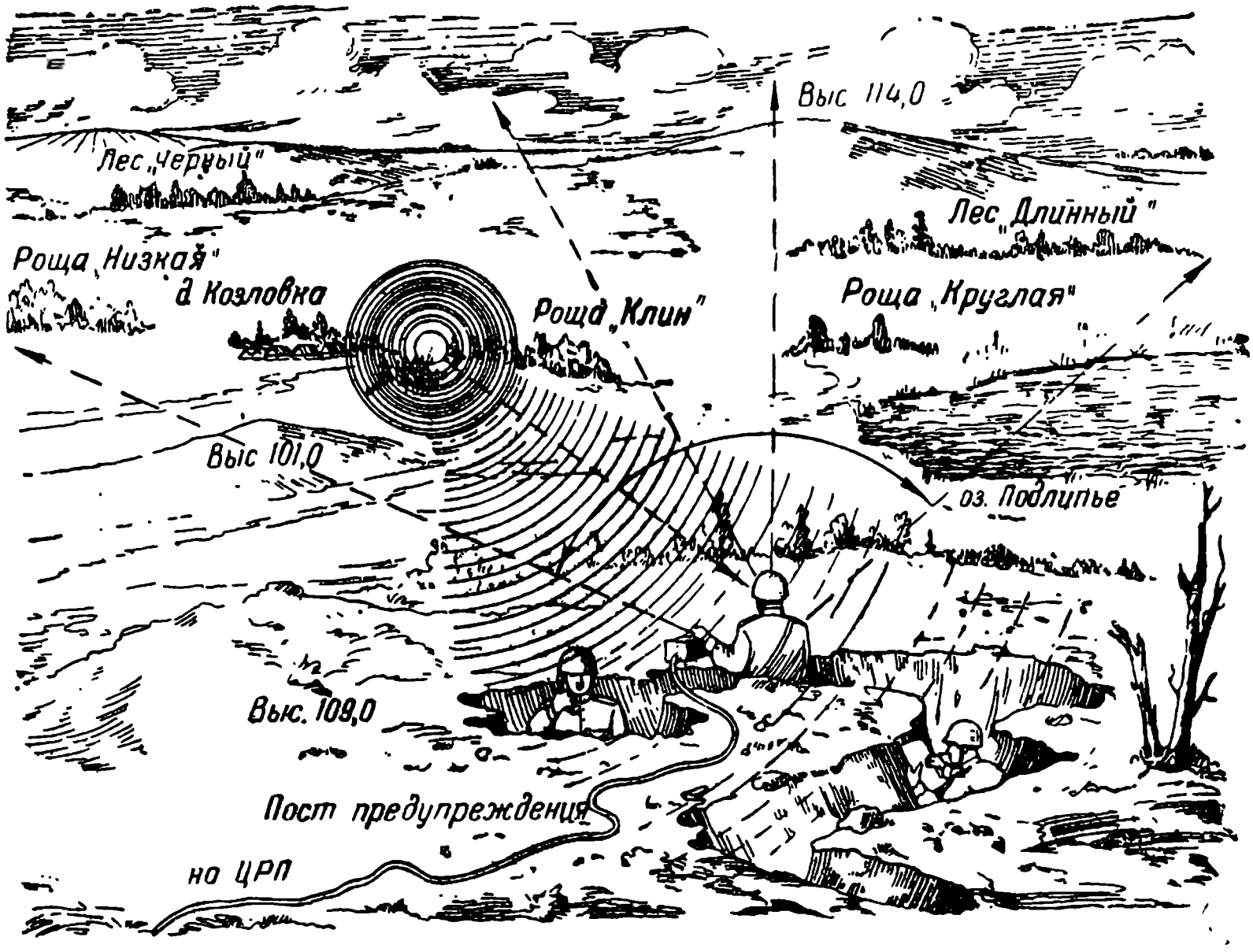


Рис. 158. Полоса разведки поста предупреждения (разбивается на отдельные небольшие секторы)

При наличии плохого обзора или широкого сектора наблюдения в помощь дежурному наблюдателю назначается второй помощник, который производит запуск станции, пользуясь пусковой кнопкой ящика, если основной наблюдатель пользуется выносной кнопкой.

При продвижении передовых частей своей пехоты или наблюдательных пунктов артиллерии начальник поста докладывает об этом по телефону командиру взвода и по приказанию последнего продвигается вперед или остается на месте.

Обязанности старшего разведчика

Во время разведки старший разведчик обязан вести наблюдение в заданной полосе (секторе) разведки и внимательно прислушиваться к звукам выстрелов орудий (минометов) противника, держа палец на выносной кнопке контрольного прибора (прибора-предупредителя). Услышав звук выстрела в заданном секторе разведки, старший разведчик должен нажать на пусковую кнопку и через телефониста передать на центральный пункт все те сведения о цели, которые ему удалось установить.

Старший разведчик обязан уметь определять калибр и систему стреляющей батареи (орудия), а также район расположения цели или направление на нее по демаскирующим признакам или на слух по звуку выстрела.

Ранее обнаружившая себя выстрелами цель может снова открыть огонь. Поэтому старший разведчик обязан, ожидая повторения огня этой целью, наблюдать и слушать в этом направлении. Если звук выстрела не слышен или слышен очень плохо, то нажимать кнопку надо по блеску выстрела, доложив об этом на центральный пункт.

Старший разведчик должен определять участок обстрела в расположении своих войск и подсчитывать количество разрывов снарядов и мин.

Если цель была засечена ранее и ей был присвоен номер, то старший разведчик докладывает: **«Огонь ведет цель № 000, по такому-то участку».**

При обслуживании стрельбы старший разведчик обязан наблюдать за разрывами снарядов своей артиллерии и, услышав звуки разрывов, нажимать кнопку.

Старший разведчик ведет журнал разведки. Пример записи в журнале разведки приводится ниже.

ЖУРНАЛ РАЗВЕДКИ

Азимут направления на цель	Положение цели относительно местных предметов	Дата стрельбы / начало — конец	Признаки действия цели	№ цели, присвоенный командиром подразделения
47-00	На западной опушке рощи „Темная“	9.8.56 / 11.40—11.56	Методический огонь орудием, 9 выстрелов по поселку Сластеново; по звуку выстрелов — 155-*мм* гаубица	193
44-50	На юго-западной окраине дер. Воробьево	9.8.56 / 22.12—22.20	Огневой налет по району дома лесника леса „Редкий“; минометная батарея (4 миномета); по осколкам — калибр 107 *мм*	194
и т. д.			Наблюдение вел *сержант Фролов*	

Журнал разведки является рабочим документом, в который заносятся результаты наблюдения за стреляющими батареями (орудиями и минометами) противника. Номера целей, присвоенные командиром подразделения, сообщаются на пост предупреждения для их внесения в журнал разведки.

Для целей, за которыми устанавливается длительное наблюдение, в журнале отводят отдельные страницы. Наблюдение за правильностью ведения журнала возлагается на командира линейного взвода.

Развертывание и работа центральной станции СЧЗ-6

Получив приказ на развертывание, начальник центральной станции (работающий на регистрирующем приборе) объясняет задачу личному составу центральной станции (старшему звукометристу и телефонистам), после чего приказывает начать развертывание центральной станции. Старший звукометрист и телефонисты подходят к машине и выгружают из нее необходимые приборы и принадлежности для работы центральной станции. Машину отправляют на место стоянки автомобилей. Дальнейшее развертывание центральной станции производится в следующем порядке. Подготавливают горизонтальную площадку для регистрирующего прибора и невдалеке от нее слева выбирают место для усилительного блока, затем устанавливают линейный щиток и подготовляют приборы к работе.

Развертывание линейного щитка

Линейный щиток устанавливают в нескольких метрах от регистрирующего прибора, вынимают из него и разматывают два шланга и вставляют переходные колодки в соответствующие гнезда усилительного блока. Линейные провода от звуковых постов и постов предупреждения подключают к соответствующим клеммам, при этом следят за тем, чтобы концы проводов не касались соседних клемм. Одновременно с этим вбивают четыре заземлителя на расстоянии 1—2 *м* один от другого, соединяют их перемычками и подключают их к клемме «Земля» («З») на линейном щитке.

Развертывание усилительного блока

Усилительный блок располагают слева от регистрирующего прибора. После установки усилительного блока открывают дверку на задней стенке его футляра и подсоединяют к нему шланги, идущие от линейного щитка, в соответствии с их назначением. Подсоединяют шланг, соединяющий РП с усилительным блоком, и подключают микротелефонные трубки. После этого снимают крышку с футляра усилительного блока и устанавливают все ручки переключателей и тумблеров на положение двухпроводной связи.

Тумблеры телефонной связи устанавливают в положение «Включено».

Проверяют работу микротелефонных трубок продуванием в микрофон микротелефонной трубки.

Наушники подключаются к гнездам на колодках микротелефонных трубок связи с ЗП и ПП только в случае необходимости; миллиамперметры должны показывать силу тока порядка 4—5 *ма*.

Развертывание регистрирующего прибора

Регистрирующий прибор располагают справа от усилительного блока, открывают крышку футляра РП, поднимают столик на футляре для отметок на ленте и открывают дверку на задней стенке

футляра РП. Далее соединяют последовательно три шестивольтовые батареи 5НКН-45 и проверяют положение тумблеров. Все тумблеры должны быть в положении «Выключено». Ручку переключателя «Нажим — рабочее — параллакс» устанавливают в среднее положение. Затем подсоединяют колодку соединительного шланга усилительного блока к РП и подключают к РП шланг питания, а наконечники его, соблюдая полярность, подключают к последовательно соединенным батареям в такой последовательности: минус 18 *в*, плюс 6 *в*, плюс 18 *в*. Эту последовательность во избежание пережога лампы нарушать ни в коем случае нельзя.

Включают тумблер питания и нажимают на кнопку «Остановка», после этого проверяют работу системы пуска и остановки на РП.

Путем нажатия на кнопку «Пуск» запускают станцию, а нажимая на кнопку «Остановка», станцию останавливают.

Проверяют связь с постами предупреждения; для этого зуммером посылают вызов на посты предупреждения и проверяют телефонную связь. Затем проверяют запуск станции с постов предупреждения и остановку РП.

Для проверки работы поста предупреждения работающий на регистрирующем приборе подает команду **«Пост предупреждения — пуск».** По этой команде старший разведчик должен нажать пусковую кнопку три раза с промежутками в 1 секунду. Регистрирующий прибор при этом должен быть запущен три раза. После каждого запуска работающий на РП останавливает прибор.

Если барабан с лентой не надет, то надевают его на кронштейн так, чтобы лента опускалась вниз с правой стороны барабана.

Надев барабан, вставляют ленту в пишущий механизм, для чего конец ее обрезают под острым углом; повернув рукоятку, опускают столик и просовывают конец ленты под направляющий ролик слева от столика, протягивают ленту через столик и два других ролика справа от столика. Конец ленты, вышедший из-под последнего ролика с правой стороны пишущего механизма, пропускают между тянущим и прижимным валиками, для чего прижимной валик отводят вправо. После заправки ленту протягивают немного вперед и прижимают прижимным валиком. После этого поднимают столик. Следует заметить, что лента заправляется легко, если в пишущем механизме оставлен кусок старой ленты. В этом случае вновь вставляемую ленту надо подсовывать под оставшийся кусок старой ленты, а еще лучше конец новой ленты подклеивать к концу старой ленты; при этом конец старой ленты должен быть сверху.

После заправки ленты берут пипетку со стеклянным наконечником и, набрав в нее чернила, наполняют обе чернильницы чернилами. Проверяют, как происходит засасывание чернил перьями. Если какое-либо перо не засасывает чернила, берут пипетку с резиновой трубочкой и при помощи ее засасывают чернила в перья. Конец пера должен быть вставлен в резиновую трубочку пипетки и зажат пальцами левой руки; пальцами правой руки несколько раз сжимают грушу пипетки. Работу пипеткой надо производить

осторожно, чтобы не поломать перья. Обе пипетки и термос с чернилами держать всегда под руками, чтобы в нужный момент добавить в чернильницы чернил и при помощи пипетки прососать перья.

После этого ставят переключатель на пульте управления в положение «Нажим» и запускают прибор. Если амплитуды кривых получаются различными, изменяют нажим тех перьев, амплитуды которых малы, и тем самым добиваются равенства всех амплитуд.

Затем проверяют связь с звуковыми постами; для этого необходимо поочередно дать вызов на каждый звуковой пост и проверить телефонную связь. Далее проверяют исправность звуковых каналов усилительного блока и РП, для чего устанавливают переключатель «Нажим — рабочее — параллакс» на положение «Рабочее», а регуляторы усиления всех усилителей в положение *10* и нажимают поочередно на кнопки миллиамперметров усилителей. Импульсы на ленте должны быть примерно одинаковыми по амплитуде. Если на одном из каналов запись импульса получилась маленькой, заменяют лампы в усилителе. Проверку на импульсы производят при отключенных линиях связи и вставленной (взамен их) закорачивающей колодки усилительного блока.

Убедившись в исправности звукового канала усилительный блок — РП, ставят регуляторы усиления всех усилителей в положение *5* и в дальнейшем в процессе засечки целей в зависимости от условий слышимости устанавливают регуляторы или на большее усиление (ближе к положению *10*) или на меньшее (ближе к положению *0*).

Затем с помощью хлопков в ладоши у звукоприемников приступают к проверке исправности звукового канала.

При записи хлопков положение переключателя «Нажим — рабочее — параллакс» должно соответствовать надписи «Рабочее».

Для проверки на хлопки работающий на регистрирующем приборе отдает приказание: **«Всем постам дать хлопки».** Примерно через 1—2 минуты после этого подает команду **«Раз — два — три».** По этой команде со счетом «два» старший разведчик производит запуск РП, а со счетом «три» на звуковых постах дают хлопки в ладоши. На ленте должны получиться записи с каждого поста с амплитудами около 10 *мм*. Если с каких-либо постов получатся плохие записи, выясняет причины этого и устраняет их. Причиной плохой записи может быть ненормальная сила тока в цепи микрофона, плохие контакты у зажимов контрольного прибора или линейного щитка, сильный нажим пера на бумагу или слабые хлопки у звукоприемника.

Одновременно с проверкой звуковых постов на хлопки работающий на регистрирующем приборе получает ленту с записями для снятия параллакса перьев, для чего переключатель на пульте управления ставит в положение «Параллакс». Лента с записями сигналов от хлопков, параллакса перьев и проверки нажима перьев с отметками пуска с поста предупреждения называется контрольной лентой. Контрольная лента передается на пункт обработки, на ко-

тором определяют параллакс перьев и проверяют скорость движения ленты.

На этом проверка станции заканчивается.

Убедившись в том,что все элементы станции работают исправно, работающий на регистрирующем приборе докладывает командиру линейного взвода, что станция (взвод) готова к работе. В дальнейшем станция находится в «Выжидательном» положении (при незапущенном моторе) или в «Рабочем» (при запущенном моторе).

Если по условиям работы необходимо обеспечить минимальное время готовности станции — 0,5 секунды, необходимо ручку тумблера поставить в положение «Готовность — 0,5 сек.». Если по условиям работы допустимо время готовности 2 секунды, то ручка тумблера ставится в положение «Готовность — 2 сек.».

Обязанности работающего на регистрирующем приборе при работе станции СЧЗ-6

При работе станции работающий на регистрирующем приборе следит за исправностью всех приборов центральной станции.

При запуске станции с поста предупреждения работающий на регистрирующем приборе следит, чтобы все перья записали выстрел (разрыв), после чего останавливает прибор, нажимая кнопку «Остановка». Если при запущенном приборе с поста предупреждения последует сигнал о новом пуске, прибор не останавливает и ожидает записей следующего выстрела.

После остановки регистрирующего прибора работающий на РП отмечает на ленте часы и минуты получения записей и записывает на ней сведения о цели, полученные с поста предупреждения (см. рис. 129), после чего отрезает ленту и передает ее на пункт обработки (дешифровщикам).

Работающий на приборе следит за постоянной подачей чернил в перья и в случае долгого перерыва между записями через каждые 10—20 минут протягивает немного ленту рукой, отводя прижимной валик. Это предохраняет от засыхания чернил в перьях.

За состоянием связи с постами работающий на приборе следит по наличию и качеству записей и с помощью телефониста — по слышимости в телефоне; в случае нарушения связи по двухпроводной линии он немедленно переходит на однопроводную линию связи и высылает телефониста для исправления поврежденной линии.

Исправлять линию следует с обоих концов — с центрального пункта и с поста.

На работу по однопроводным линиям связи переводятся только те посты, связь которых с РП нарушается, остальные посты работают по двухпроводным линиям связи.

При переходе на однопроводную связь тумблеры соответствующего канала переключаются на положение «Однопроводная» (на звуковом посту и на усилителе). Однопроводная связь может быть осуществлена также и с постами предупреждения, при этом ручку переключателя на усилительном блоке следует установить в поло-

жение «Однопроводная» (на контрольном приборе соответствующего ПП тумблер ставится также в положение «Однопроводная»).

Работающий на РП наблюдает за движением ленты и своевременной подготовкой сменного рулона ленты, а при замене одного или нескольких перьев снова получает ленту с записями для снятия параллакса, отмечая на этом отрезке ленты время производства записи.

Если при работающей станции напряжение батареи уменьшилось (стало ниже 16,2 *в*), работающий на РП проверяет каждую аккумуляторную батарею при помощи вольтметра с нагрузкой и заменяет аккумуляторы, имеющие напряжение ниже 5,4 *в*.

Работающий на приборе периодически следит за работой узлов станции, имеющих искрящие контакты, а также за работоспособностью усилителей, периодически нажимая на кнопки миллиамперметров усилителей. Усилитель, отказавший в работе, заменяется другим из ЗИП.

При работе под дождем или снегом работающий на РП принимает меры к предохранению приборов центрального пункта от влаги.

Особенности развертывания приборов постов и центрального пункта станции СЧЗМ-36

Развертывание приборов и работа на постах и центральном пункте подразделения звуковой разведки, имеющего на вооружении станцию СЧЗМ-36, ничем в принципе не отличается от развертывания и работы подразделения, имеющего на вооружении станцию СЧЗ-6. Разница заключается только в том, что в комплекте станции СЧЗМ-36 имеются некоторые приборы, отличающиеся по своей конструкции от приборов станции СЧЗ-6.

Особенности развертывания и работы на звуковом посту заключаются в следующем. При развертывании звукового поста линии связи подключают к клеммам трансформатора. К клеммам трансформатора подключают также звукоприемник, телефонный аппарат и аккумуляторную батарею напряжением в 6 *в*. Сила тока в микрофоне должна быть порядка 100—170 *ма*. Заземлители подключаются к трансформатору только при переходе на однопроводную линию.

Особенностью развертывания постов предупреждения является то, что к клеммам ящика предупредителя надо подключать, кроме линий связи, и телефонный аппарат. Кроме того, при развертывании двух постов предупреждения последние включаются в регистрирующий прибор последовательно, для чего на центральном пункте одни концы линий связи соединяются между собой, а оставшиеся другие два конца присоединяют к клеммам переходного щитка.

Развертывание центральной станции производится в следующем порядке:

1. Подготовляют горизонтальную площадку для регистрирующего прибора.

2. Устанавливают регистрирующий прибор и развертывают его на подготовленной площадке.

3. Устанавливают переходной щиток.

4. Подготовляют регистрирующий прибор к работе.

Порядок развертывания регистрирующего прибора следующий:

1. Отвинчивают барашки комбинированного ящика.

2. Снимают крышку (стол).

3. Отнимают переднюю стенку (скамейки).

4. Опускают и кладут на землю три боковые стенки ящика.

5. Приподнимают за ручку регистрирующий прибор, при этом стенки ящика опускаются вниз и образуют стол для регистрирующего прибора.

6. Вставляют усики планок в прорези задней стенки и укрепляют их задвижками.

7. Верхнюю крышку комбинированного ящика превращают в стол, а переднюю стенку — в две скамейки.

8. Опускают натяжные замки и снимают футляр или же приподнимают переднюю часть его.

Регистрирующий прибор в развернутом виде показан на рис. 74.

Развертывание переходного щитка производится в следующем порядке:

1. Телефонист подвешивает или кладет на землю щиток в нескольких метрах от регистрирующего прибора.

2. Разматывает соединительный шланг и вставляет переходную колодку его в соответствующие гнезда регистрирующего прибора.

3. Присоединяет линейные провода к соответствующим зажимам щитка, следя за тем, чтобы концы проводов не касались соседних зажимов.

4. Подыскивает подходящую «землю» и подключает заземлители, как это указано ниже, в разделе «Работа на однопроводной линии».

5. Подключает к зажимам щитка два телефонных аппарата (телефон предупредителя и телефон звуковых постов): один — для связи с постом предупреждения, другой — для связи с постами звуковой разведки (часто ограничиваются одним телефонным аппаратом, подключая его к зажимам щитка, например, к зажимам телефона предупредителя, при этом зажимы на щитке телефона предупредителя и телефона звукового поста должны быть соединены параллельно каким-либо проводником). По включении телефонов телефонист должен трубки их держать около ушей.

Для питания электрическим током отдельных элементов регистрирующего прибора и линии постов предупреждения требуется аккумуляторная батарея напряжением в 24 *в*, для чего соединяют последовательно четыре аккумулятора напряжением в 6 *в* каждый.

Микрофон станции СЧЗМ-36 низкоомный и станция работает без усилителя, поэтому на чувствительность звукового канала большое влияние оказывают линии связи. В соответствии с этим при развертывании постов и центрального пункта принимают меры, чтобы сопротивление линий связи было не больше требуемого,

а для этого работающий на регистрирующем приборе должен знать сопротивление этих линий.

Для проверки сопротивления линий связи поступают следующим образом. При докладе о том, что пост предупреждения прибыл на место, работающий на регистрирующем приборе подает команду «Замкнуть накоротко». Старший звукометрист центральной станции отключает от зажимов переходного щитка оба провода линии поста предупреждения и подключает их к омметру, после чего записывает сопротивление линии. Запись можно вести на куске ленты. Подобным же образом производится проверка линий связи всех звуковых постов по мере прибытия их на свое место. Сопротивление линий старший звукометрист сообщает на посты и приказывает им самим измерить сопротивление, замыкая на 1—2 минуты концы каждой линии накоротко. Зная число размотанных катушек и сопротивление каждой из них, устанавливается исправность или неисправность линии. При сопротивлении, отличающемся от нормального, высылают с обоих концов (от центральной станции и от постов) линейных для исправления линии.

Сопротивление всей линии связи с постом предупреждения не должно превышать 1000 *ом* и линий связи с каждым из звуковых постов — 3000 *ом*.

После проверки линий связи старший звукометрист проверяет сопротивление земли.

Аккумуляторную батарею заменяют другой, если ее напряжение становится меньше 21 *в*.

При очень хорошей слышимости, когда амплитуда записей получается очень большой, а сами записи очень длинными, чувствительность станции уменьшают путем установки шунтов на соответствующее деление.

Работа на однопроводной линии

Работа на однопроводной линии производится при порыве или при коротком замыкании одного из проводов. На работу на однопроводной линии переходят только те посты, связь с которыми нарушена. Остальные посты продолжают работу на двухпроводной линии. Переход на однопроводную линию производится по приказанию с центрального пункта.

Для обеспечения надежной связи при работе на однопроводной линии устанавливается следующее число заземлителей:

— у переходного щитка для линий звуковых постов — 3—4, для линии предупредителя также 3—4 [1];

— у каждого звукового поста — 2 или 3;

— у прибора-предупредителя — 3.

Прежде чем перейти на работу по однопроводной линии, проверяют сопротивление земли, которое на звуковом посту должно быть не более 3000 *ом* и на посту предупреждения не более 1000 *ом*.

[1] При большом сопротивлении земли число заземлителей увеличивают до 5—6 и более.

Сопротивление земли измеряется при помощи омметра. Для этого вбивают два заземлителя на расстоянии около 2 *м* один от другого и к их зажимам подключают омметр. В этом случае омметр будет показывать сопротивление контактов с землей двух заземлителей. Сопротивление каждого из них будет в два раза меньше. Например, если омметр показывает 3000 *ом*, то сопротивление одного контакта будет 1500 *ом*. Чтобы получить сопротивление, например, в 500 *ом*, надо включить по три заземлителя и соединить их общим проводом, конец которого присоединить к соответствующим клеммам.

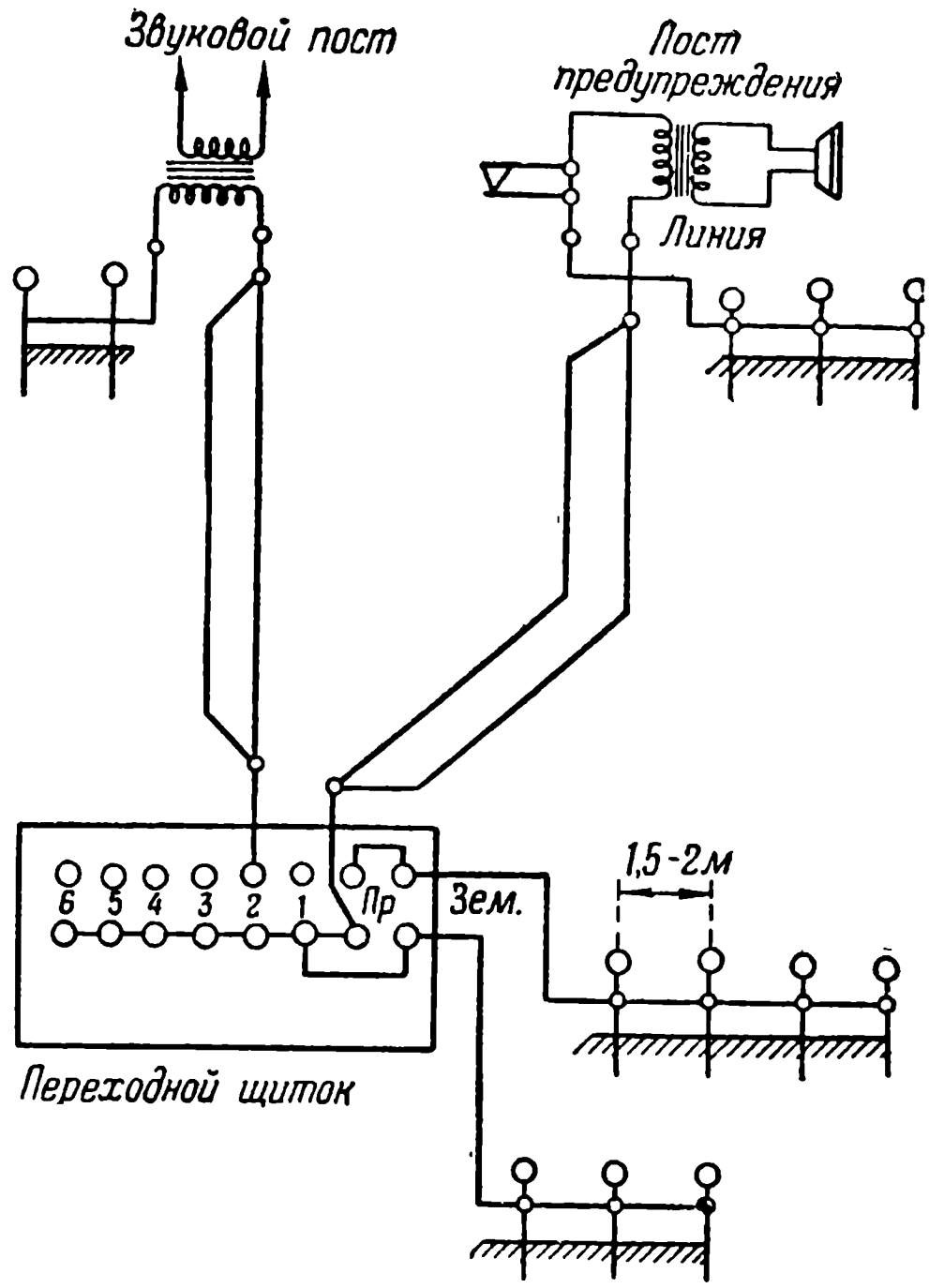


Рис. 159. Работа на однопроводной линии второго звукового поста и поста предупреждения станции СЧЗМ-36

Сопротивление земли в сырых местах, в густой траве, в кустарнике и т. д. меньше, чем в сухих местах. Иногда землю увлажняют искусственно, вливая в воронку заземлителя один — два стакана воды с разведенной в ней солью (около столовой ложки). Песчаная почва имеет очень большое сопротивление.

Зимой надо искать место для заземлителей под большими сугробами снега, вблизи жилых помещений, в скотных дворах и т. п.

Схема перехода на однопроводную линию показана на рис. 159.

Переход на однопроводную линию происходит в таком порядке. На регистрирующем приборе отключается провод звукового поста (поста предупреждения) от общей клеммы и подключается к верхнему зажиму (у предупредителя — к нижнему) (см. рис. 159). Заземлители на центральной станции должны быть включены все время. Верхняя крайняя правая клемма служит для заземлителей поста предупреждения, а нижняя правая клемма — для звуковых постов. На звуковых постах оба провода подключают к правой клемме ящика трансформатора, а к левой подключают провод от заземлителей. На посту предупреждения оба провода также подключаются к правой линейной клемме предупредителя, а к левой присоединяется провод от заземлителей.

Обязанности работающего на регистрирующем приборе остаются такими же, как и при работе на станции СЧЗ-6.

Развертывание и работа пункта обработки

Получив приказ командира измерительно-вычислительного взвода на развертывание пункта обработки, командиры отделений (дешифровщиков и вычислителей) объясняют задачу отделений и приказывают приступить к развертыванию пункта обработки. Отделения подходят к машине, берут свои приборы и устанавливают их на место, указанное командиром взвода. Порядок размещения приборов должен соответствовать порядку обработки лент и отсчетов (рис. 160).

В процессе развертывания пункта обработки командир измерительно-вычислительного взвода приказывает свободным номерам произвести инженерное оборудование, маскировку и необходимые работы по самообороне центрального пункта.

Действия на пункте обработки можно подразделить на подготовительные и рабочие. Подготовительные действия ведутся в период развертывания линейного взвода.

К подготовительным действиям относятся:

— подготовка рабочих мест;

— снятие и определение параллакса перьев и проверка скорости ленты;

— подготовка разведывательного планшета и по мере поступления данных определение длин акустических баз, дирекционных углов директрис, расчет координат и нанесение на планшет точек *О* и *Д*, проверка направлений и построение директрис по этим точкам;

— подготовка данных по сводному бланку и настройка счетных звукометрических линеек, а также подготовка бланков для обработки отсчетов;

— подготовка лент-дешифраторов для районов особого внимания или разведывательных участков.

Подготовке рабочих мест следует уделить большое внимание. Все приборы должны быть под руками. Для укладки обработанных лент и бланков должно быть отведено специальное место. Ленты и бланки должны быть так уложены, чтобы в любой момент можно было взять для проверки любую ленту и любой бланк. Шаблоны лент должны быть на виду у дешифровщиков.

Для производства подготовительных работ на пункте обработки должны быть:

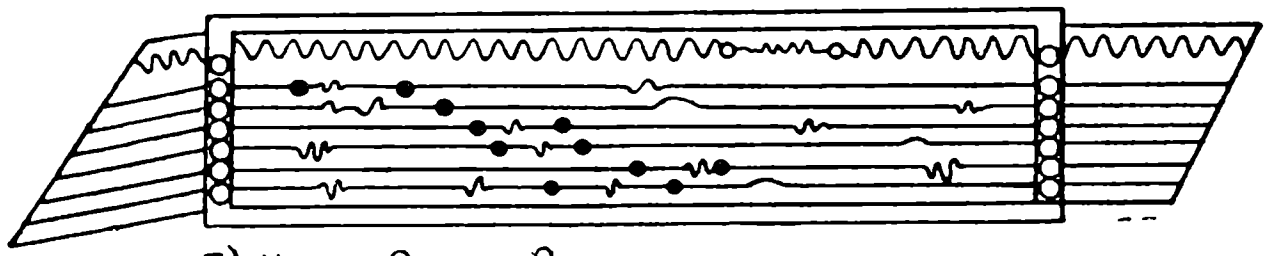
1) контрольная лента;

2) координаты звуковых постов (в первый период работы эти координаты будут неточные — определяемые по карте,— затем получают точные координаты от топографического взвода);

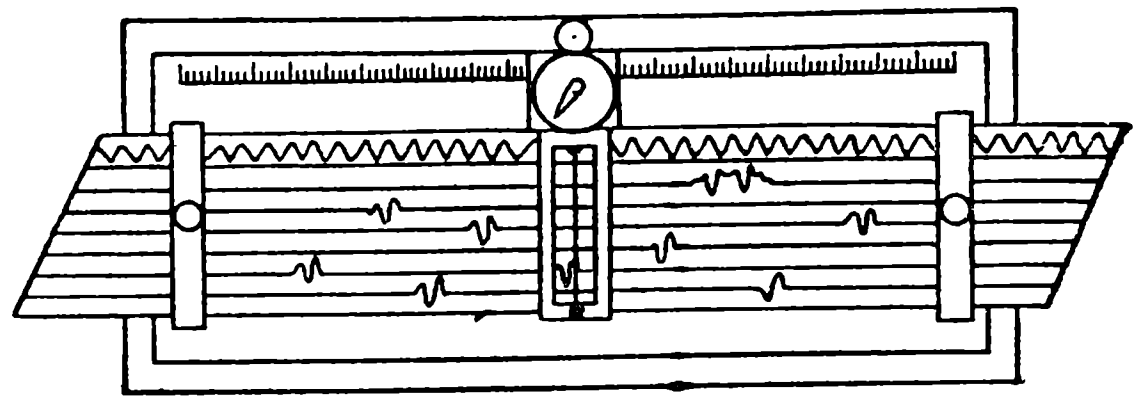
3) обозначенные на карте (планшете) районы особого внимания для подготовки лент-дешифраторов и определения величин η;

4) метеорологический бюллетень (как правило, надлежит пользоваться данными бюллетеней метеорологической станции и только при отсутствии последних можно пользоваться наземными данными согласно бюллетеню отделения метеорологической службы батареи).

1) Дешифровщик дешифрирует ленту, полученную с РП



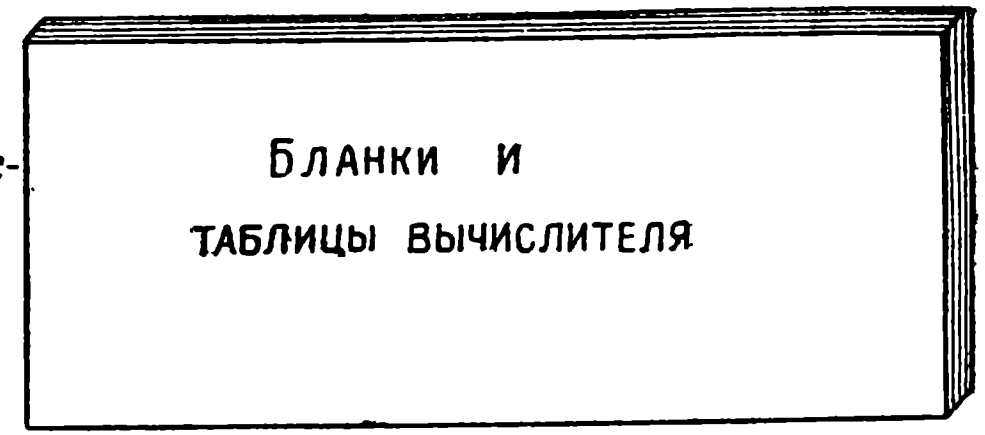
2) Снимающий отсчеты снимает с ленты отсчеты τ

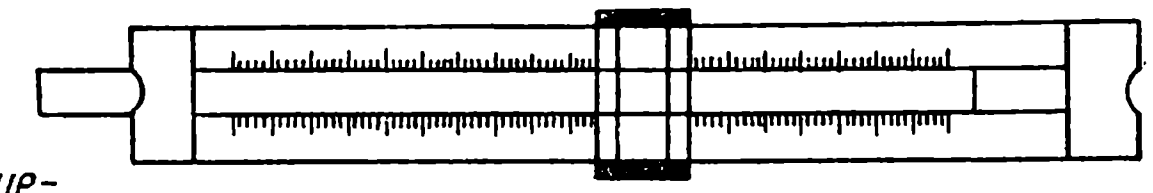


3) Командир отделения группирует отсчеты по целям

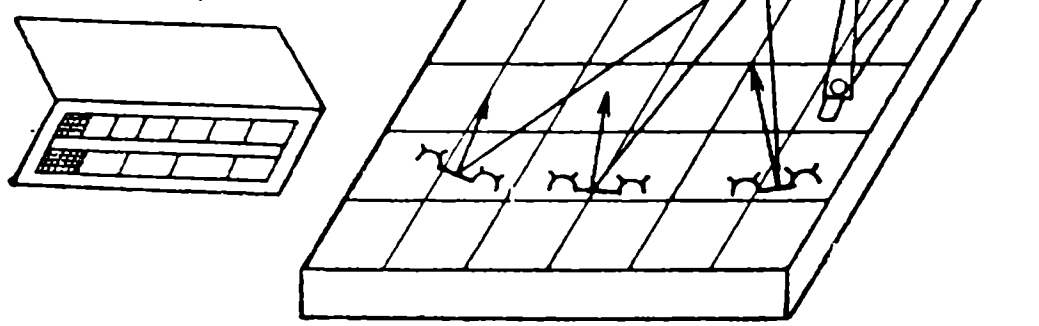
Бланк для записей снимающего отсчеты				
Часы мин	№ цели	Левая ЗП	Средняя ЗП	Правая ЗП
7 00	101	+378	+450	−810
9 20	104	−10	−83	+713
9.30	101	+370	+449	−815
9.40	104	−112	−86	−420
9.50	102	−1500	+99	+290
10.00	102	−800	+100	+300
Снимал Бочков				

4) Вычислитель рассчитывает элементы акустических баз и определяет $\sin\alpha_0$





5) Чертежник по $\sin\alpha_0$ строит направления на цель и определяет координаты цели



6) Координаты целей заносят в журнал целей и передают в вышестоящий штаб

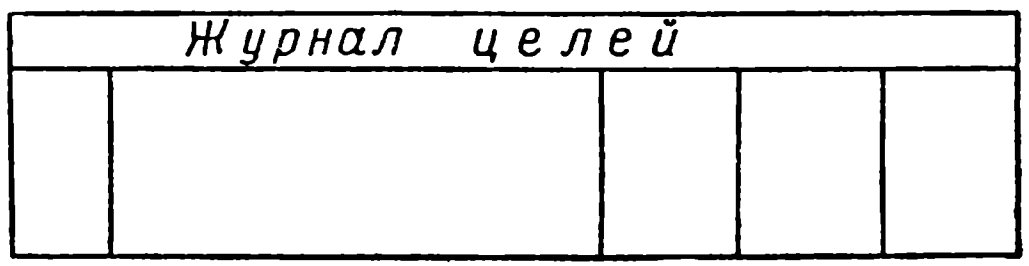


Рис. 160. Схема работы пункта обработки

К рабочим действиям относятся:
— дешифрирование лент;
— снятие отсчетов;
— группирование отсчетов;
— определение средних значений отсчетов;
— определение синусов углов α_0;
— определение координат целей.

Снятые с планшета координаты цели чертежник записывает в журнал целей.

Развертывание и работа метеорологического поста

Получив приказ командира подразделения (командира вычислительного взвода) на развертывание, личный состав отделения метеорологической службы берет из машины приборы и устанавливает их на место согласно полученному приказанию. Одновременно с развертыванием поста производятся инженерное оборудование его, маскировка и принимаются меры самообороны.

Первый бюллетень передают в срок, указанный командиром подразделения (вычислительного взвода), последующие бюллетени составляют и передают через каждый час. При быстрых изменениях метеорологических элементов бюллетени составляются:

— при изменении температуры на 2°;

— при изменении средней скорости ветра на 1 *м/сек* или среднего значения направления его на 2-00.

Инженерное оборудование боевого порядка подразделения звуковой разведки

Инженерное оборудование и маскировка звуковых постов, поста предупреждения и центрального пункта обязательны во всех условиях боевой обстановки и в особенности в условиях применения противником атомного оружия. В первую очередь на постах и на центральном пункте отрывают окоп для приборов и личного состава. В дальнейшем распоряжением командира подразделения звуковой разведки окопы переоборудуют в укрытия. Основное внимание обращают на использование местности и естественную маскировку.

На рис. 157 и 161 показан один из вариантов размещения личного состава звукового поста и поста предупреждения в укрытии. На рис. 162 показан порядок размещения вычислителей центрального пункта в укрытии.

Как указывалось выше, начальники постов принимают соответствующие меры к строгому соблюдению маскировочной дисциплины; передвижение людей на посту, в районе поста и в особенности у места стояния звукоприемника разрешают лишь в самых необходимых случаях и с соблюдением мер маскировки.

Все, что может демаскировать пост (окопы, ровики, тропы, линии связи и т. п.), тщательно маскируется. При недостаточной есте-

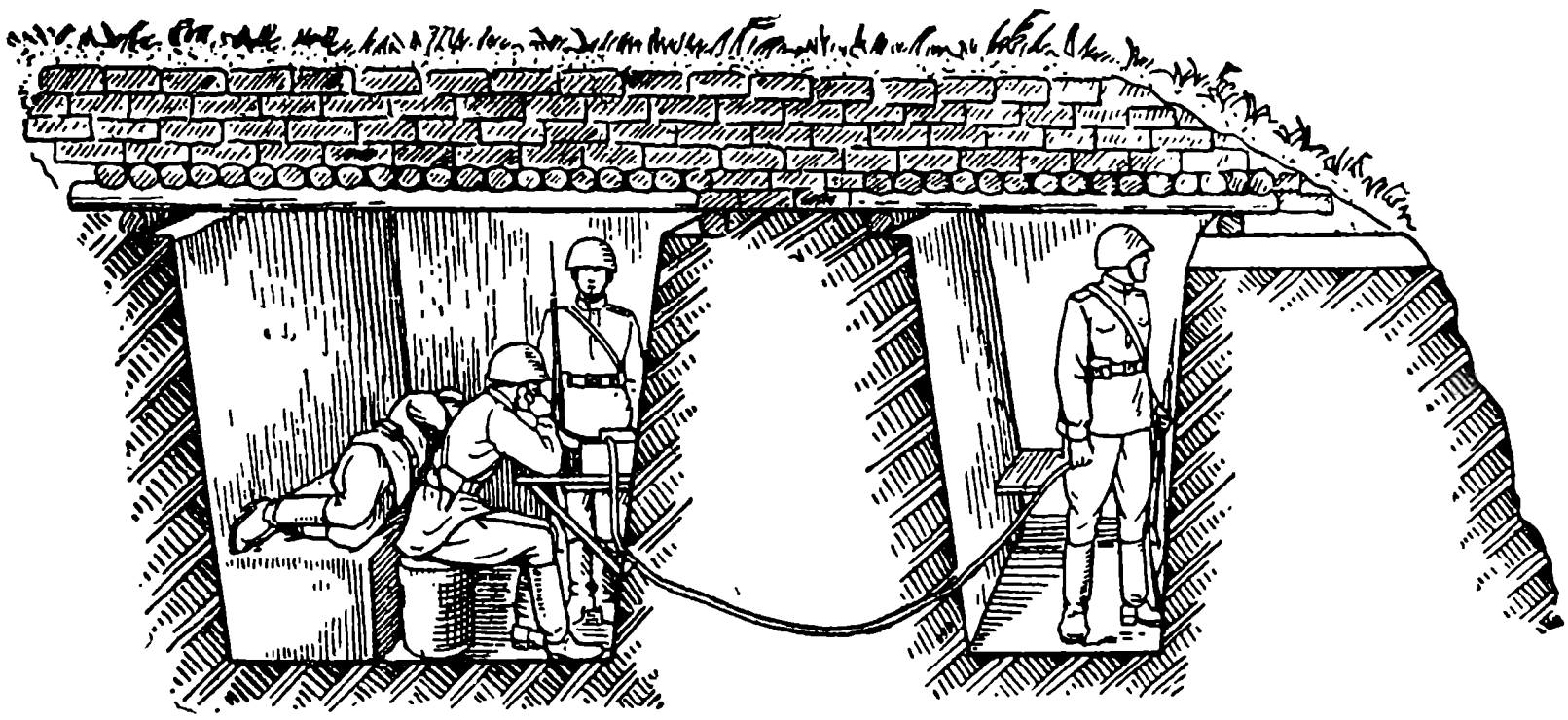


Рис. 161. Блиндаж на посту предупреждения

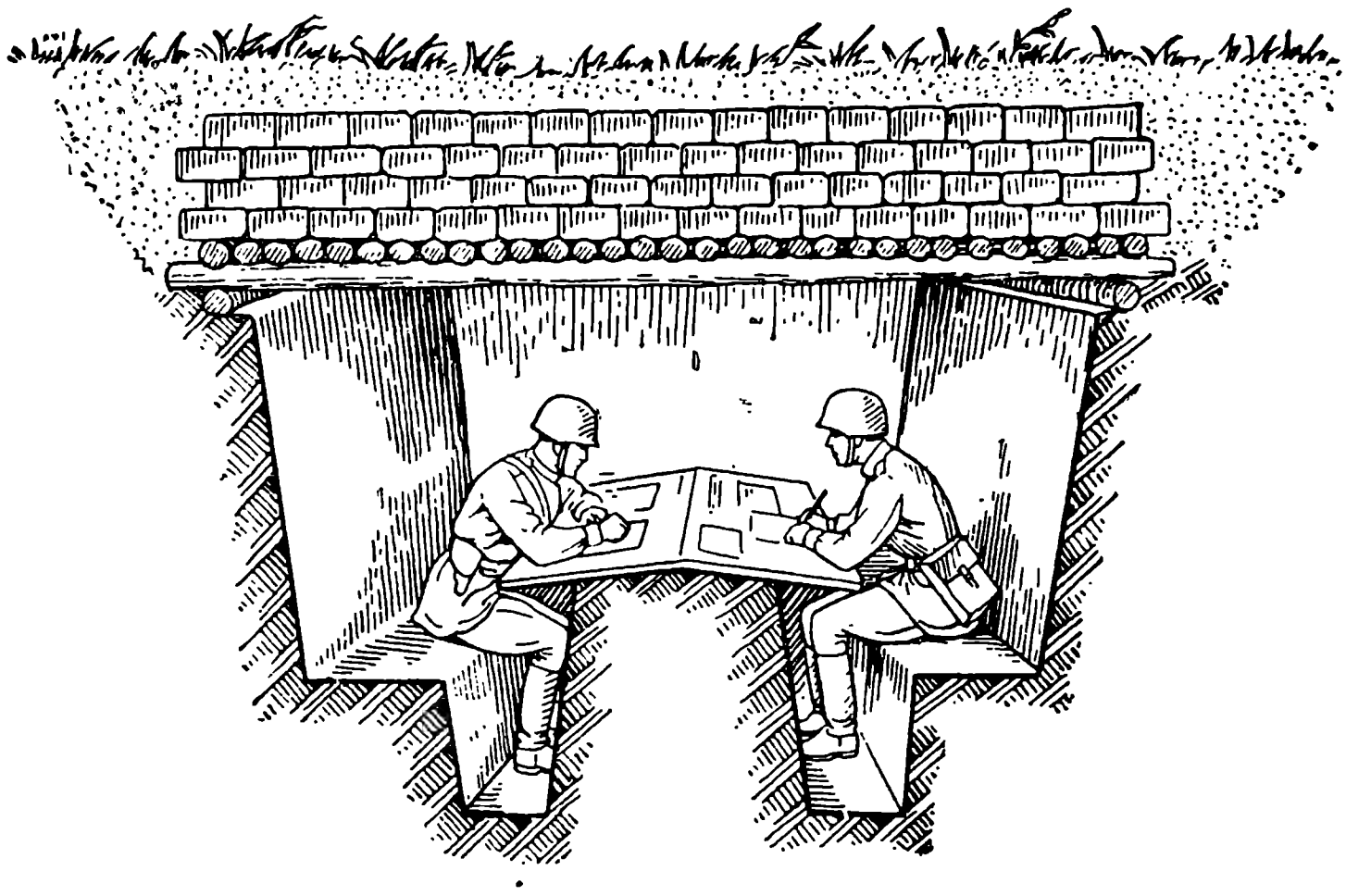


Рис. 162. Блиндаж центрального пункта

ственной маскировке применяют искусственную. Для маскировки автомобилей и предохранения их от повреждения осколками снарядов, мин и бомб водители оборудуют укрытия.

§ 6. СВЕРТЫВАНИЕ БОЕВОГО ПОРЯДКА

Свертывание боевого порядка подразделения производится по распоряжению штаба части (штаба артиллерийской группы). Для свертывания командир подразделения подает команду **«Отбой»** и указывает место сбора. Команду «Отбой» повторяют все командиры до начальника поста звуковой разведки и поста предупреждения включительно. По команде «Отбой» на всех постах и пунктах боевого порядка подразделения приборы и имущество приводят в походное состояние. Командир вычислительного взвода вызывает

машины на центральный пункт, командир линейного взвода отправляет машины, находящиеся в районе центрального пункта, на базы и пост предупреждения.

Свертывание звукового поста. Получив команду «Отбой», начальник поста повторяет эту команду, после которой отсоединяют соединительные провода от всех приборов, при этом провода от зажимов батареи станции СЧЗМ-36 отключают в первую очередь.

Очищают приборы от пыли и грязи и укладывают их в машины, которые к этому времени должны прибыть на пост или подойти к нему по возможности ближе.

Остальной личный состав поста приступает к снятию линий связи. Желательно снятие производить с обоих концов: со звукового поста и с центрального пункта.

Свертывание поста предупреждения производится так же, как и свертывание звуковых постов.

При **свертывании регистрирующего прибора СЧЗ-6** работающий на РП и УБ подготовляет приборы к укладке в такой последовательности:

а) ставит все тумблеры в положение «Выключено»;

б) рукоятки на регуляторах усиления на усилителях ставит в положение «0»;

в) выливает чернила из чернильниц, промывает их, промывает перья;

г) отключает от РП шланг питания и разъединяет аккумуляторы между собой (при отключении шланга питания нужно помнить, что отключение проводов от батареи надо производить в последовательности +18 *в*, +6 *в*, —18 *в*);

д) отсоединяет шланг, соединяющий РП с УБ;

е) отключает линейный щиток от УБ;

ж) удаляет пыль с РП и УБ и закрывает их крышками;

з) укладывает принадлежность в ящик ЗИП.

Свертывание регистрирующего прибора СЧЗМ-36 производится в следующем порядке.

Работающий на регистрирующем приборе:

а) выключает все выключатели и ставит шунты на «1»;

б) выливает чернила из чернильниц, промывает чернильницы и ставит их на место; пипеткой наливает в чернильницы спирт и под перья подкладывает кусок пропускной бумаги, которая впитывает в себя остатки чернил, при этом спирт просачивается через перья и они промываются; после этого выливает из чернильниц остатки спирта и удаляет пропускную бумагу;

в) снимает барабан с лентой, оставляя между валиками и под перьями отрезок ленты, к которой перья должны быть слегка прижаты; укладывает принадлежность в укладочный ящик;

г) удаляет пыль с регистрирующего прибора и закрывает его футляром.

В это время старший звукометрист с телефонистами разъединяют аккумуляторы, отсоединяют соединительные провода от за-

жимов регистрирующего прибора и приводят в порядок телефонное и другое имущество станции.

После этого работающий на приборе вместе со старшим звукометристом, телефонистами и вычислителем из вычислительного взвода свертывают комбинированный (с регистрирующим прибором) ящик и ставят его на машину.

Свертывание пункта обработки. По команде командиров отделений «Отбой» личный состав пункта обработки свертывает приборы и принадлежность, стирает с них пыль и укладывает в машины.

По указанию командира вычислительного взвода командиры отделений отбирают документы, подлежащие уничтожению, и сжигают их (ненужные заполненные бланки, схемы, копии боевых документов, ленты с записями).

Перед оставлением боевого порядка начальники постов и командиры отделения лично проверяют, все ли имущество и приборы собраны. На месте сбора командиры взводов проверяют личный состав, наличие приборов и имущества и правильность укладки их в машины и о результатах докладывают командиру батареи.

Транспортировка всех приборов станции производится в автомобилях.

Следует пользоваться всеми подручными средствами при укладке и увязке приборов, которые могут предохранить их от толчков и ударов (подстил из соломы, хвои и т. п.).

Все приборы следует оберегать от действия влаги.

Звукоприемники при перевозке укладываются решеткой (мембраной) вверх.

§ 7. РАБОТА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ НА КОРОТКИХ АКУСТИЧЕСКИХ БАЗАХ

При существующих способах топографической привязки звуковых постов длина акустической базы берется равной 1—1,5 *км*. Такая длина акустических баз при топографической привязке по карте (фотоснимку) не обеспечивает получения точных координат целей. Величина срединной ошибки в определении направления на цель согласно формуле (12) главы VIII при r порядка 20 *м* равна около 0-20.

Недостатком таких баз является то, что вследствие их большой длины в условиях работы на среднепересеченной местности не представляется возможным производить ориентирование акустической базы или ее директрисы при помощи углоизмерительных приборов, так как отсутствует видимость точек стояния звуковых постов с центров этих баз.

Расчет же дирекционных углов директрис и длин акустических баз по координатам звуковых постов, определяемым по карте (фотоснимку), сопровождается очень большими ошибками, в результате чего и получают указанную выше величину срединной ошибки (0-20) в определении направления на цель.

Увеличение длины акустических баз до 2,5—3 *км* хотя и уменьшает раза в два срединную ошибку в определении направления на

цель [см. формулу (12) главы VIII], но все же ошибка эта остается настолько большой, что не обеспечивает получения точных координат целей.

Сущность способа работы на коротких базах заключается в том, что производится топографическая привязка не звуковых постов, а центров акустических баз с ориентированием направлений этих баз одним из известных в артиллерийской топографической службе способов, дающих точность два — три деления угломера (см. ст. 17 Наставления артиллерии Советской Армии «Артиллерийская топографическая служба»).

При таком порядке топографической привязки должны быть хорошо видны концы акустической базы (звуковые посты) с ее центра. Выполнение этого требования возможно только при наличии небольших по длине акустических баз (порядка 300—400 *м*). Такой способ работы при хороших началах записей позволяет получить точные координаты целей при сокращенном развертывании в условиях топографической привязки центров акустических баз приемами глазомерной съемки по карте 1 : 25 000 (по фотоснимку) при работе с учетом распределения метеорологических данных по высоте или с учетом систематической ошибки. Углы засечки при этом должны быть не меньше 40° (длина геометрической базы равна 0,7*Д*, т. е. при дальности засечки *Д* = 6 *км* длина геометрической базы должна быть равна 4—4,5 *км*, при *Д* = 8 *км* — 5,5—6 *км* и т. д.).

Порядок работы при этом способе намечается следующий.

По получении задачи на развертывание командир звукометрического подразделения намечает по карте (фотоснимку) боевой порядок подразделения, выбирает точки — центры акустических баз и при помощи целлулоидного круга определяет дирекционные углы директрис (с точностью до 1-00). На местности в точках расположения центров акустических баз не будут находиться какие-либо звукометрические приборы, поэтому в качестве таких точек могут быть взяты хорошо заметные контурные точки (пересечение дорог и т. п.) или местные предметы.

Придя в район центра акустической базы, проводят там работу в такой последовательности:

— уточняют место положения центра базы и по карте (1 : 25 000) или фотоснимку определяют его координаты;

— выбирают на глаз направление акустической базы согласно предварительно намеченному в начале развертывания дирекционному углу и на удалении 150—200 *м* от центра базы устанавливают левый звуковой пост;

— при помощи буссоли (ПАБ, ориентир-буссоли теодолита ТТ-3) берут направление с центра базы на левый звуковой пост (получают буссоль левого звукового поста);

— изменяют буссоль на 30-00, провешивают направление на правый звуковой пост, который устанавливают на одинаковом удалении с левым звуковым постом от центра базы;

— прибавляют к буссоли левого звукового поста 15-00 и получают буссоль директрисы.

Если возможно применить более точные способы ориентирования акустических баз или если работа производится в районах магнитной аномалии, а также в северных широтах ($\varphi > 65°$), прибегают к другим не менее точным способам ориентирования баз.

Измерение расстояний от центра акустической базы до звуковых постов можно вести при помощи куска кабеля с точностью до 0,5 *м*.

Для получения дирекционного угла директрисы к значению буссоли прибавляют поправку буссоли, суточное изменение поправки буссоли и поправку на перемещение. Полученные координаты центров акустических баз, дирекционный угол директрисы и длину баз передают по телефону на центральный пункт. Учет поправки буссоли может производиться и на центральном пункте; в этом случае передают на центральный пункт буссоль директрисы.

Отклонение полученного значения дирекционного угла от заданного значения при постановке задачи на развертывание не должно отличаться больше чем на 2-00, в противном случае изменяют направление базы.

Определение дирекционного угла направления с центра базы на левый звуковой пост надо производить при помощи выверенной буссоли, т. е. в том случае, когда известна поправка буссоли, а также суточное изменение поправки буссоли и поправка на перемещение.

По получении на центральном пункте координат центров и длин акустических баз, а также дирекционных углов директрис, наносят на планшет засечек точки, соответствующие центрам акустических баз, и при помощи хордоугломера строят направления директрис. Радиусом 10 *см* проводят дуги построительных окружностей, для определения синусов углов α строят обычным порядком направления на цель и снимают с планшета ее координаты.

Выше было указано, что центр акустической базы выбирают на какой-либо контурной точке. Однако в практике работы не всегда возможно центр базы совместить с контурной точкой.

В этом случае возможны такие варианты развертывания и определения координат центра акустической базы.

1. Контурная точка лежит на базе между звуковыми постами и с этой точки видны оба звуковых поста.

В этом случае с контурной точки провешивают направление на левый, а затем на правый звуковой пост (как это делали из центра базы), отмеряют отрезки до левого и правого звуковых постов с таким расчетом, чтобы длина базы была равна заданной. После этого делят длину базы пополам и на местности находят ее центр.

Определение координат центра производится путем привязки его в контурной точке.

2. Контурная точка лежит на продолжении базы и с этой точки оба звуковых поста видны. Работа производится в том же порядке, как это описано в 1-м варианте.

3. Контурная точка лежит вне базы.

В этом случае за центр базы принимают на местности любую точку, с которой видны оба звуковых поста, и развертывают базу так же, как и в случае, когда центр ее лежит на контурной точке. Затем известными в практике артиллерийской топографической службы приемами привязывают центр базы и определяют его координаты. Акустическую базу можно развертывать в этом случае с любой точки, лежащей на базе и вне ее, как это указано в 1-м или 2-м варианте, с последующей привязкой центра базы и определением его координат.

4. Если на местности контурных точек мало, то можно произвести определение центров баз и их координат в таком порядке. По магнитной стрелке буссоли определяют направления директрис акустических баз и углы α на две какие-либо контурные точки, достаточно удаленные по фронту одна от другой, для чего на выбранных двух контурных точках производят подрывы; затем, определив при помощи буссоли дирекционные углы директрис и углы α на эти точки с центров акустических баз, строят на планшете от этих контурных точек направления, обратные вычисленным по дирекционным углам, и путем засечки получают точки положения центров баз.

При отсутствии буссолей в подразделении звуковой разведки работа по привязке выполняется топографическими отделениями.

Для подачи опорных точек на рубеж развертывания или привязки центров баз можно использовать также топопривязчик ГАЗ-69Т.

Для упрощения обработки отсчетов длину короткой акустической базы во времени можно брать равной одной секунде.

При работе на акустических базах, длина которых равна одной секунде (331 *м*), и при виртуальной температуре воздуха, равной нулю, величина отсчета τ равна величине синуса угла α, поэтому деление τ на T становится ненужным.

При виртуальной температуре воздуха, отличной от нуля, надо или производить деление τ на T при помощи счетной звукометрической линейки или же вводить поправку на температуру.

Из главы II известно, что

$$C = C_0 \sqrt{1 + \frac{t_v}{273}}.$$

Обозначив $\sqrt{1 + \frac{t_v}{273}}$ через $1 + K$, будем иметь

$$\sin\alpha = \frac{C_0\tau + KC_0\tau}{l} = \sin\alpha' + K\sin\alpha'.$$

При акустической базе, равной одной секунде, величина $\sin\alpha'$ равна величине τ, отсюда

$$\sin\alpha = \tau + K\tau.$$

При приближенном извлечении корня из $1+\frac{t_v}{273}$ получим

$$\sqrt{1+\frac{t_v}{273}}=1+\frac{1}{2}\cdot\frac{t_v}{273}=1+K.$$

Отсюда $K=0{,}0018\,t_v$.

В соответствии с этим поправка на температуру будет определяться по формуле

$$\Delta\tau_t=0{,}0018\,t_v\cdot\sin\alpha'$$

или при базе во времени, равной одной секунде,

$$\Delta\tau_t=0{,}0018\,t_v\tau.$$

Согласно этой формуле составлена таблица (см. приложение 9), по которой и определяют поправку на температуру.

В момент развертывания подразделения звуковой разведки значение виртуальной температуры может сильно отличаться от температуры, равной 0°. Поэтому для уменьшения поправки на температуру при ее изменении лучше брать длину акустической базы при развертывании равной величине скорости звука при данной виртуальной температуре. Например, при виртуальной температуре $t_v=+20°$ надо длину базы брать равной 343 *м*.

В этом случае при изменении температуры надо брать поправку только на разность температур $\Delta t°$. Поправка эта обычно будет мала. Например, к началу развертывания виртуальная наземная температура была равна +20°; скорость звука равна 343 *м/сек*. Значит длину базы надо брать равной 343 *м*. В процессе работы наземная виртуальная температура изменялась и стала равной +27°. Поправку $\Delta t°$ надо брать только на 7°. При $\tau=+450$ поправка $\Delta\tau_t$ будет равна +0,006.

При значениях $t°$ и τ, отличающихся от табличных, нужно поступать следующим образом. Например, при $t=+18°$ и $\tau=+350$ берут поправки для 10° и 8°, суммируют их и получают поправку на температуру: $6+5=11$.

Знак поправки зависит от знака отсчета и знака температуры t или приращения температуры Δt. При одинаковых знаках τ и t (Δt) поправка на температуру будет иметь знак плюс, а при разных знаках τ и t (Δt) — минус. Например, в нашем случае τ и t имеют знак плюс, поэтому истинный отсчет будет +0,361. Синус угла α также будет равен +361.

Если температура данного момента выше температуры момента развертывания, то Δt берется с плюсом, и наоборот, если температура данного момента ниже температуры момента развертывания, то Δt берется с минусом.

При длине базы во времени, не равной одной секунде, например, при базе, равной 300 *м*, определение синуса угла α ведут в обычном порядке при помощи звукометрической счетной линейки. Скорость звука берут соответственно данной виртуальной температуре. Например, при $t=+10°$, $l=300$ *м* и $\tau=+0{,}125$ получаем $\sin\alpha=+0{,}140$.

Для большей надежности работы на случай выхода из строя какого-либо звукоприемника (звукового поста) можно в районе центрального пункта (при наличии звукоприемников) развернуть среднюю базу. При выходе из строя одного из звуковых постов крайних баз засечка целей будет производиться со средней базы и с одной из крайних баз.

Если в подразделении звукоприемников для развертывания средней базы нет, то в случае выхода из строя одного из звуковых постов создают базу (длинную) между оставшимися соседними звуковыми постами. Например, при выбытии первого звукового поста создают базу между вторым и третьим звуковыми постами, при выбытии третьего поста — между вторым и четвертым и т. д.

В этом случае засечка будет производиться при помощи трех звуковых постов, т. е. с одной короткой уцелевшей базы и вновь образуемой базы. База эта будет иметь длину порядка 3—4 *км*, поэтому ошибки топографической привязки мало повлияют на точность засечки [см. формулу (12) главы VIII].

Однако благодаря короткой геометрической базе (малому углу засечки) точные координаты в этом случае могут быть получены только при дальности засечки порядка 3—4 *км*.

Для использования возможности быстрого перехода на работу с тремя звуковыми постами необходимо при подготовке планшета засечек нанести на него все звуковые посты. Нанесение их производится так. Прочерчивают под углом в 90° к директрисе через центр акустической базы прямую линию и откладывают от центра базы вправо и влево величины, равные половине базы. Полученные точки концов базы и будут являться точками стояния звукоприемников.

При построении длинной акустической базы в случае выбытия одного из звуковых постов графически строят директрису новой базы, измеряют по планшету засечек длину этой базы и дальнейшую работу по засечке целей ведут в обычном порядке.

Для получения более точного направления со смежной базы, образованной оставшимся звукоприемником одной из коротких баз со смежным звукоприемником другой короткой базы, можно уточнить направление ее директрисы путем исключения систематической ошибки. Для этого следует воспользоваться результатом надежной засечки одной какой-либо цели с коротких баз.

Заметим, что в случае, когда не представляется возможным какими-либо способами произвести ориентирование акустических баз, работу при сокращенном развертывании надо вести обычным порядком с привязкой звуковых постов по карте (фотоснимку). В соответствии с формулой (12) главы VIII для повышения точности засечки можно в этом случае увеличить длину акустических баз, а именно длину акустической базы надо брать такой, чтобы отношение дальности засечки к базе было не меньше 1,5 ($\eta \geqslant 1{,}5$). Например, при дальности засечки 4 *км* длина базы должна быть около 2,5 *км*. Длину акустической базы больше 3—4 *км* брать не следует. При сокращенном развертывании можно средние звуковые посты

поставить на удалении 200—300 *м* один от другого. Объединять их в один пост (развертывать три поста) не следует, так как при трех звуковых постах затрудняется дешифрирование лент.

Величину η в таблице поправок на удаление в пределах от 1,5 до 2 надо брать с точностью до 0,1, а в пределах от 2 до 3 — с точностью до 0,2.

В случае работы на коротких базах при полной топографической основе производится привязка также только центров акустических баз; одновременно с угловым ходом определяется дирекционный угол с центра акустической базы на левый звуковой пост.

Дирекционный угол директрисы получают путем прибавления 90° к дирекционному углу направления с центра базы на левый звуковой пост.

Длину акустических баз определяют путем промера.

Работа на планшете засечек по определению координат целей ведется в обычном порядке.

Никаких расчетов длин акустических баз и координат точек на директрисе не производится.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ IX

1. Что называется боевым порядком подразделения звуковой разведки?
2. Что входит в задачу поста предупреждения?
3. Какие требования предъявляются к месту расположения поста предупреждения?
4. Как выбирается район расположения поста предупреждения относительно звуковых постов?
5. Каковы задачи звукового поста?
6. Какие требования предъявляются к месту расположения звукового поста?
7. Какие требования предъявляются к расположению звуковых постов одной акустической базы?
8. Что такое район надежной работы?
9. Каковы задачи центральной станции и пункта обработки?
10. Какие требования предъявляются к месту расположения центрального пункта?
11. Каковы задачи метеорологического поста и какие требования предъявляются к месту его расположения?
12. Какие применяются способы развертывания подразделения звуковой разведки и каковы нормативы развертывания при этих способах?
13. Какие разведывательные группы создаются для рекогносцировки рубежа развертывания, состав и задачи их?
14. Как производится развертывание подразделения звуковой разведки?
15. Каковы обязанности начальников постов при прокладке линии связи?
16. Как производится развертывание звукового поста?
17. Каковы обязанности дежурного на звуковом посту?
18. Как производится защита звукоприемников от ветра?
19. Каковы обязанности начальника поста предупреждения и старшего разведчика?

20. Как производится подготовка регистрирующего прибора СЧЗ-6 и СЧЗМ-36 к работе?

21. Какие проверки производит работающий на регистрирующем приборе после его развертывания?

22. Каковы обязанности работающего на регистрирующем приборе?

23. Как обнаруживаются повреждения на линии связи и какие принимаются меры для их устранения?

24. Как производится переход на работу на однопроводной линии на СЧЗ-6 и СЧЗМ-36?

25. В чем заключается подготовка пункта обработки к работе?

26. В чем сущность работы на коротких акустических базах?

ГЛАВА X

ДЕЙСТВИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ БОЯ

§ 1. ДЕЙСТВИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ В НАСТУПАТЕЛЬНОМ БОЮ

В период подготовки к наступательному бою подразделение звуковой разведки применяет полное развертывание с задачей получения точных координат целей.

В период артиллерийской подготовки атаки работа подразделения звуковой разведки становится чрезвычайно трудной, тем не менее и в этот период боя работу прекращать не следует и надо прилагать все усилия к разведке вновь обнаруживающих себя батарей.

В ходе наступательного боя главное внимание следует обращать на разведку вновь появившихся батарей, в том числе батарей зенитной и реактивной артиллерии.

Перед подготовкой к наступательному бою подразделение звуковой разведки может находиться на участке фронта, на котором готовится наступление, или прибыть на этот участок во время подготовки наступательного боя.

В первом случае рекогносцировка рубежа развертывания может производиться частично, во втором же случае она должна производиться полностью теми разведывательными группами, о которых было сказано в главе IX. В соответствии с этим рассмотрим на конкретном примере развертывание подразделения звуковой разведки с задачей разведки дальних целей в случае, когда оно прибыло на участок фронта во время подготовки наступательного боя.

Рассмотрение начнем с постановки задачи командиру подразделения звуковой разведки командиром части или командиром соединения (части), которому подразделение звуковой разведки придано.

Постановка задачи

Подразделение звуковой разведки к 22.00 10.7.57 сосредоточилось в районе рощи 0,5 *км* восточнее Ивичи (рис. 163). В 5.30 11.7.57 начальник штаба артиллерийской части вызвал к себе командира подразделения звуковой разведки и поставил ему задачу на развертывание:

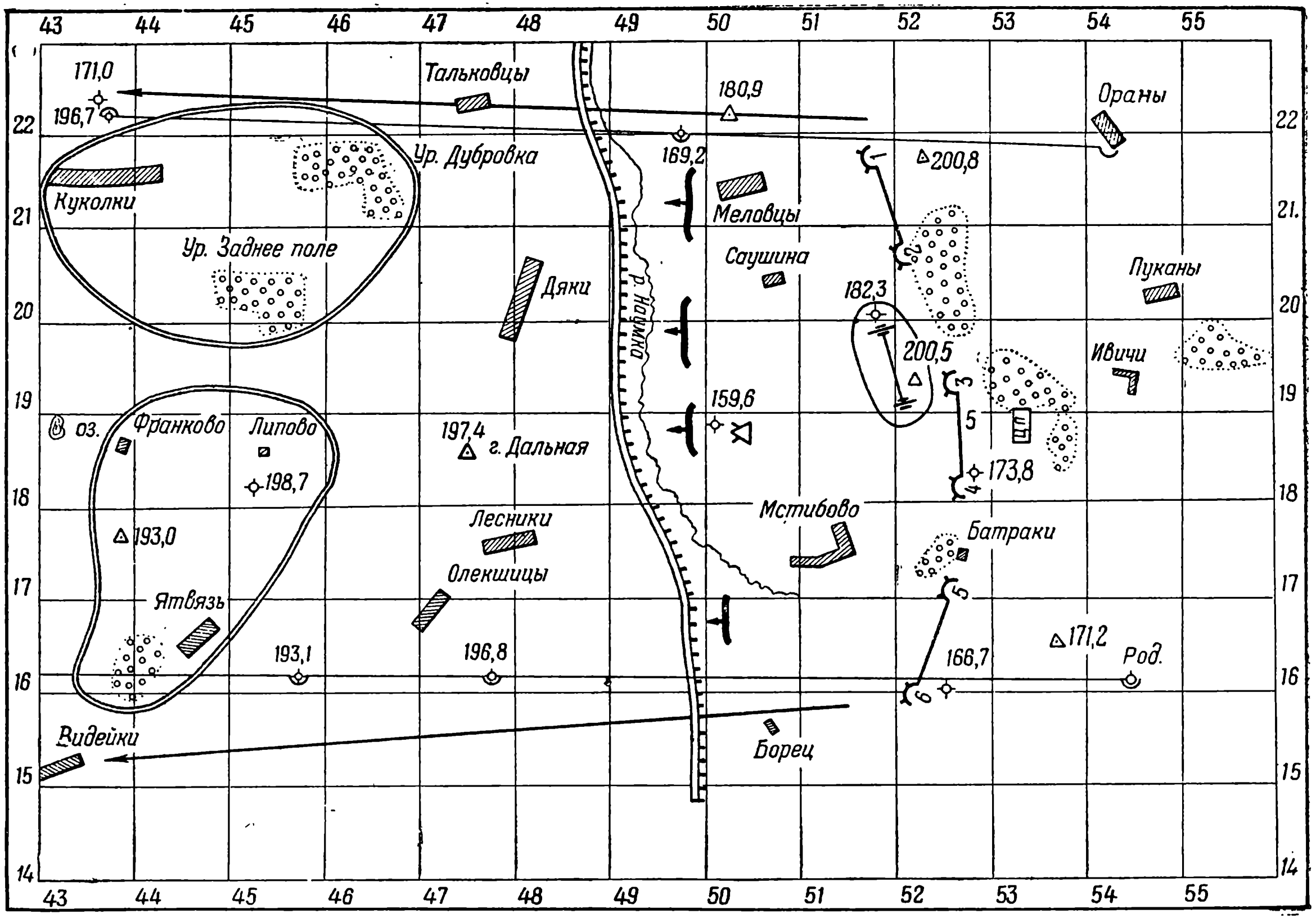


Рис. 163. Схема развертывания подразделения звуковой разведки в период подготовки к наступательному бою

1. Противник перешел к обороне. Передний край его обороны проходит по западному берегу р. Наумка. По данным авиаразведки и по сведениям, полученным от пленных, огневые позиции артиллерии имеются в районе ур. Дубровка, ур. Заднее поле и в районе выс. 198,7.

2. Передовые подразделения нашей пехоты вышли на рубеж, что 0,5 *км* восточнее р. Наумка. Задача артиллерийской группы — поддержать наступление N-го соединения в полосе: справа — искл. Ораны (2254), искл. выс. 169,2 и включ. 196,7, слева — родник (род. 1654), выс. 196,8, 193,1 (все пункты включительно) и далее на запад и вести борьбу с артиллерией и резервами противника. Район огневых позиций артиллерийской группы — выс. 182,3 и 200,5. Район НП: 0,5 *км* юго-восточнее выс. 159,6, Саушина. Полоса разведки группы: справа — выс. 200,8, выс. 171,0, слева — Борец, Видейки.

3. Подразделению развернуться для ведения разведки с задачей обеспечения боевой работы артиллерийской группы.

4. Полоса разведки подразделения — полоса разведки группы, районы особого внимания: 1) ур. Дубровка, ур. Заднее поле, Куколки и 2) Липово, Франково, роща юго-западнее Ятвязь.

5. Рубеж развертывания — 0,5 *км* западнее выс. 200,8 (2152) — 1,5 *км* северо-восточнее Борец.

6. Развертывание полное, развернуть шесть звуковых постов.

7. После выбора центрального пункта выслать в штаб части разведчика. Конец линии связи будет подан на центральный пункт. По развертывании корректировать огонь 1-го дивизиона, НП которого в районе выс. 159,6. Бюллетени «Метеозвук» получать по телефону из штаба части.

8. Топографическая привязка будет произведена топографическим взводом. Командир топографического взвода прибудет к вам в 6.00. До привязки звуковых постов взводом топографической службы работу вести при топографической привязке звуковых постов по карте.

9. Время готовности с топографической привязкой звуковых постов по карте в 12.00, на полной основе в 16.00.

10. Нумерация целей от 101 до 160.

11. О засеченных артиллерийских и минометных батареях (орудиях и взводах) доносить немедленно по телефону. Боевые донесения представлять к 8.00 и к 18.00 ежедневно в штаб части — роща в 0,5 *км* восточнее Ивичи.

12. О засечке реперов для переноса огня и для исключения систематической ошибки будет указано дополнительно.

Рекогносцировка рубежа развертывания подразделения звуковой разведки

Командир подразделения звуковой разведки, получив задачу на развертывание, вернулся в 6.00 на место остановки подразделения и приступил к организации рекогносцировки рубежа развертывания. При этом он произвел следующий расчет времени. Для развертыва-

ния подразделения в боевой порядок дано 6 часов. Из них на разведку рубежа можно будет уделить около 4 часов. Исходя из этого времени, командир подразделения решил сам произвести выбор постов средней и левой баз и поста предупреждения и уточнить расположение постов правой базы. С этой целью артиллерийские разведывательные группы были организованы следующим образом.

В первую разведывательную группу, возглавляемую командиром подразделения, вошли: командир подразделения, разведчик от топографического взвода, начальники средней и левой баз, начальники 3-го и 5-го звуковых постов, начальник поста предупреждения и звукометрист.

Во вторую разведывательную группу вошли: командир линейного взвода (командир группы), начальник правой базы, начальник 2-го звукового поста, звукометрист одного из постов и разведчик от топографического взвода.

В третью разведывательную группу, возглавляемую командиром измерительно-вычислительного взвода, вошли: командир измерительно-вычислительного взвода, помощник командира взвода и начальник метеорологического поста.

К 6.20 командир подразделения поставил задачу каждой группе.

При постановке задачи командирам разведывательных групп командир подразделения звуковой разведки указал:

— передний край обороны противника (см. раздел настоящего параграфа «Постановка задачи») и районы вероятного расположения его артиллерии и минометов;

— расположение своих передовых частей (в полосе разведки подразделения);

— задачу, полученную подразделением;

— полосу разведки;

— рубеж развертывания.

Кроме того, командир подразделения по карте указал намеченные им места расположения звуковых постов, поста предупреждения и центрального пункта, а именно: 1-й звуковой пост в 0,5 *км* западнее высоты 200,8, 2-й звуковой пост на западной опушке рощи (2052) и т. д. (см. рис. 163); наметил дирекционный угол правой акустической базы 43-00, средней 44-00 и левой 48-00, время окончания рекогносцировки (9.30) и место сбора групп по выполнении задачи [южная опушка рощи (1953)].

Задача первой разведывательной группы — уточнить на местности передний край противника и своих войск (в полосе разведки подразделения) и выбрать места поста предупреждения в районе, отмеченном на карте (см. рис. 163), а также мест звуковых постов 3, 4, 5 и 6.

Задача второй разведывательной группы — выбрать места для звуковых постов 1 и 2.

Одновременно с этим командир подразделения обратил внимание начальников баз и начальника поста предупреждения на разведку пути, прокладки линий связи и приказал наметить средства для оборудования маскировки постов.

В 6.30 командир подразделения вместе со всеми разведывательными группами выехал на машине в намеченный на карте район центрального пункта. Здесь он отдал приказание начальнику третьей группы уточнить место центрального пункта, выбрать маршруты подъезда к нему и место для метеорологического поста и автомобилей подразделения, после чего вызвать подразделение и подготовить его к развертыванию. Здесь же он ориентировал начальника второй группы на местности и приказал отправиться в район правой базы, выбрать места для 1-го и 2-го звуковых постов и ожидать его на северной опушке рощи (2052). Сам во главе первой разведывательной группы отправился на выбор мест расположения звуковых постов средней и левой баз и поста предупреждения.

Выбрав точки стояния звукоприемников для 3-го и 4-го звуковых постов (см. рис. 163), командир подразделения нанес их на карту, а начальник средней базы и начальник звукового поста отметили точки стояния звукоприемников на местности колышками (вехами из подручного материала) и затем согласно приказанию командира подразделения отправились в район центрального пункта для подготовки своих постов к развертыванию.

После этого командир подразделения со своей группой отправился в район развертывания левой базы, выбрал места для звукоприемников 5-го и 6-го звуковых постов, нанес их на карту, а начальник третьей базы и 5-го звукового поста отметили их на местности колышками (вехами), после чего вся группа отправилась в район центрального пункта.

Далее командир подразделения с группой вернулся в район 4-го звукового поста и приказал водителю машины отправиться в район развертывания первой базы, а сам с остальным составом группы пешком отправился в район поста предупреждения. В 8.20 группа прибыла в район выс. 159,6. Пост предупреждения был выбран в 400 *м* восточнее этой высоты. Командир подразделения отметил местоположение поста на карте, а начальник поста отметил на местности местоположение поста колышком (вехой). Здесь же был уточнен передний край обороны противника и районы особого внимания.

Командир подразделения указал начальнику поста предупреждения границы полосы разведки (вправо на северо-восточный угол опушки ур. Дубровка и влево на Видейки) и района особого внимания, после чего дал условные наименования местных предметов.

Сообразуясь с наличием времени, группа отправилась в район первой базы. По дороге на первую базу командир подразделения зашел на НП командира 1-го дивизиона, что в 300 *м* юго-восточнее выс. 159,6 и уточнил с командиром дивизиона вопросы связи и корректирования огня. Было выяснено, что командир дивизиона подаст конец линии связи на центральный пункт.

Далее командир подразделения отдал приказание начальнику поста предупреждения отправиться на центральный пункт и с остальным составом группы отправился в район первой базы, куда и прибыл в 9.20. Там его встретил начальник первой базы и доло-

жил о выборе постов. Командир утвердил их местоположение и в 9.50 вернулся в район центрального пункта. Здесь командир подразделения в 10.00 отдал устный приказ на развертывание. Подразделение к этому времени прибыло в район центрального пункта.

Устный приказ командира подразделения звуковой разведки на развертывание

«1. Сведения о противнике, задачи своих войск и задача подразделения известны [1].

2. Командиру линейного взвода развернуть взвод на рубеже, установленном при рекогносцировке.

Время готовности с привязкой звуковых постов по карте — 11.50. Координаты постов передать по телефону. Привязку звуковых постов производит 1-й взвод топографической батареи.

Время готовности на полной топографической основе — 15.40.

3. Командиру измерительно-вычислительного взвода развернуть взвод (центральный пункт) здесь (указывает место). Время готовности — 11.00. Нумерация целей от 101 до 160.

До привязки звуковых постов топографическим взводом работу производить на планшете графическим способом. Автомобили по окончании развертывания сосредоточить в роще, что северо-западнее центрального пункта.

Начальнику отделения метеорологической службы развернуть отделение в 50 *м* юго-восточнее центрального пункта по направлению на отдельное дерево. Время готовности — 11.00. Бюллетени представлять через каждый час. Вести визуальное наблюдение за состоянием погоды и производить своевременную обработку бюллетеней «Метеозвук». Бюллетени «Метеозвук» получать по телефону из штаба части».

После отдачи приказа командир подразделения остается на центральном пункте, откуда и руководит работой подразделения.

Если в процессе рекогносцировки рубежа развертывания был уточнен передний край расположения противника или получены какие-либо новые данные о противнике, то командир подразделения в устном приказе об этом указывает.

В соответствии с дальнейшими указаниями из вышестоящего штаба (штаба группы) командир подразделения указывает:

1) на засечку каких целей обратить особое внимание;

2) как производить засечку реперов для исключения систематической ошибки и т. д.

В дальнейшем командир подразделения следит за ведением разведки и изучением целей, за ведением боевых документов и своевременной отправкой их.

Получив приказание произвести пристрелку, командир подразделения дает указание о подготовке к пристрелке.

---

[1] См. раздел — „Постановка задачи“ на стр. 287.

Командир линейного взвода, получив приказ на развертывание, выстраивает свой взвод и в 10.05 отдает приказание на развертывание взвода.

Приказание командира линейного взвода

«1. Противник обороняется. Передний край его обороны проходит по западному берегу р. Наумка, что в 4 *км* впереди нас, и далее на юг от изгиба этой реки.

2. Передовые части нашей пехоты находятся в 0,5 *км* восточнее р. Наумка.

3. Рубеж развертывания взвода впереди нас в 0,5 *км* и на 3 *км* вправо и влево от нас. Центральный пункт здесь.

4. Работающему на регистрирующем приборе (начальнику центральной станции) развернуть центральную станцию. Время готовности — 11.00.

5. Начальнику поста предупреждения — развернуть пост в 400 *м* юго-восточнее выс. 159,6. Полоса разведки и районы особого внимания вам известны. Время готовности — 11.30.

6. Начальникам баз развернуть звуковые посты в указанных местах. Время готовности: для правой и левой баз — в 11.50; для средней базы — в 11.00.

По окончании развертывания автомобили сосредоточить в роще, что северо-западнее центрального пункта».

После отдачи приказания командир линейного взвода руководит развертыванием взвода. Руководство в процессе развертывания заключается в принятии всех мер для своевременного развертывания взвода. Командир линейного взвода контролирует работу командиров отделений и лично руководит прокладкой линий связи на наиболее трудных направлениях; обеспечивает бесперебойную связь и бесперебойную работу регистрирующего прибора, звуковых постов и поста предупреждения; руководит боевой работой взвода, инженерным оборудованием и маскировкой боевого порядка и организует самооборону постов.

В период напряженной боевой работы командир линейного взвода находится на одном из постов предупреждения и лично производит запуск регистрирующего прибора.

Приказание командира измерительно-вычислительного взвода

В приказании сообщаются сведения о противнике и о своих частях, как и в приказании командира линейного взвода. Командир измерительно-вычислительного взвода в приказании указывает:

«1. Командирам отделений пункта обработки развернуть отделения, подготовить приборы и рабочие места к работе. Место пункта обработки здесь (указывает место). Время готовности — 11.00.

По освобождении автомобилей отправить их в рощу, что северо-западнее центрального пункта,

2. Командиру вычислительного отделения выделить одного вычислителя в распоряжение работающего на регистрирующем приборе на период развертывания прибора [1] и выставить охрану центрального пункта».

После отдачи приказания командир взвода остается на пункте обработки и руководит работой пункта. При отсутствии на центральном пункте командира линейного взвода руководит и работой личного состава, работающего у регистрирующего прибора и на узле связи. Руководство боевой работой пункта обработки со стороны командира измерительно-вычислительного взвода заключается в следующем:

1) в период подготовительной работы взвода он принимает все меры к скорейшему оборудованию рабочих мест, к заготовке и расчету соответствующих данных для обработки лент и отсчетов, а именно: к получению контрольной ленты, расчету и подготовке лент-дешифраторов, подготовке счетных звукометрических линеек, получению метеорологических данных и т. п.;

2) принимает меры к более быстрому и точному получению координат целей, руководствуясь при этом указаниями командира подразделения;

3) производит изучение разведанных целей;

4) руководит инженерным оборудованием и маскировкой центрального пункта;

5) принимает меры к самообороне пункта;

6) следит за бесперебойной работой связи центрального пункта со штабом своей части и штабом обслуживаемого артиллерийского подразделения (части);

7) руководит ведением журнала целей.

Действия подразделения звуковой разведки в глубине обороны противника

На свертывание и развертывание боевого порядка подразделения звуковой разведки требуется много времени (до 2—4 часов). Поэтому для своевременного обеспечения боевой работы артиллерии в глубине обороны противника необходимо заблаговременно предусмотреть все возможности для более быстрого свертывания и развертывания подразделения на новом рубеже разведки.

Вполне допустимо, что для более быстрого развертывания на новом рубеже разведки часть подразделений звуковой разведки будет свернута заблаговременно.

Время свертывания подразделения звуковой разведки, если оно было развернуто, и начало перемещения его на новый рубеж определяет штаб части или штаб артиллерийского соединения (части), которому подразделение придано. Перемещение на новый рубеж производится всем подразделением одновременно.

С задачей более быстрого перемещения и развертывания на но-

[1] При работе на станции СЧЗМ-36.

вом рубеже разведки командир подразделения, руководствуясь планом перемещения артиллерии, должен со всем личным составом подразделения, включительно до начальников постов, заранее изучить по карте (фотоснимку) возможные рубежи развертывания и уяснить: маршрут движения и место следования подразделения, новые рубежи развертывания, срок готовности к ведению разведки на новом рубеже, средства и сроки топографической привязки звуковых постов, место наблюдательного пункта своего непосредственного начальника (командира, которому придано подразделение), штаба и намеченный район огневых позиций обслуживаемого артиллерийского подразделения (части) на новом рубеже.

При такой подготовительной работе начальники баз и постов могут более быстро развернуть свои посты и этим ускорить развертывание всего подразделения.

Величина первого скачка вперед подразделения звуковой разведки, развернутого с задачей засечки дальних целей,— порядка 8 *км* и подразделения, развернутого с задачей разведки ближних целей,— порядка 5 *км*.

Величина последующих скачков в зависимости от условий продвижения наших войск и условий слышимости будет порядка 5—8 *км*, а иногда и больше.

При бое в глубине обороны противника обычно будет применяться сокращенное развертывание на коротких базах с топографической привязкой центров баз по карте (фотоснимку) приемами глазомерной съемки. В ходе дальнейшего наступления подразделение может получить задачу перейти на новый рубеж или же в случае задержки наступления приступить к полному развертыванию.

Основной задачей звуковой разведки при действиях подразделений в глубине обороны противника является возможно быстрая разведка артиллерийских и минометных батарей противника и определение их координат. Так как часто нельзя будет определить точные координаты разведанных целей, то подразделение звуковой разведки должно быть готово в любое время обслуживать стрельбу по разведанной цели сразу же после ее засечки.

Здесь следует отметить, что действия подразделения звуковой разведки, подобные описанным выше, будут проводиться во всяком скоротечном бою, в котором представится возможность развертывания, в частности и во встречном бою.

§ 2. ДЕЙСТВИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ В ОБОРОНИТЕЛЬНОМ БОЮ

Звуковая разведка в оборонительном бою имеет те же задачи, что и в наступательном бою, но условия обороны вносят ряд существенных особенностей в боевое использование подразделения звуковой разведки.

Особенности условий работы подразделения звуковой разведки в обороне заключаются в большей плотности огневых средств противника и значительной ширине полосы разведки.

При обороне подразделение звуковой разведки применяет полное развертывание. При развертывании для засечки дальних целей фронт развертывания доходит до 7 *км*. Длина акустических баз порядка 1,5 *км*; удаление звуковых постов от переднего края своих войск — до 3—4 *км*.

Современная оборона должна быть глубокой, поэтому, помимо основного рубежа, подразделение звуковой разведки должно иметь еще и запасный рубеж на случай отхода. Рекогносцировка запасного рубежа производится заблаговременно, но не раньше, чем подразделение будет готово для разведки на основном рубеже. При рекогносцировке запасного рубежа выбираются звуковые посты, посты предупреждения и центральный пункт, а также пути движения с основного рубежа на запасный.

Состав разведывательных групп для рекогносцировки запасного рубежа меньше обычного; количество групп — одна — две.

Большое значение для перемещения на запасный рубеж имеет заблаговременное ознакомление начальников баз, начальников постов и водителей машин с путями отхода на запасный рубеж.

При наличии времени на запасном рубеже производится топографическая привязка звуковых постов на полной топографической основе. Переход на новый рубеж совершается, как правило, одновременно всем подразделением. Однако это совсем не обязательно. Если боевая обстановка и местность позволяют перейти самостоятельно каждой базе (посту), надо переходить отдельными базами (постами), на что должно быть дано соответствующее указание.

Для своевременного выявления группировки артиллерии и минометов противника, а также для корректирования огня своей артиллерии в период боя за полосу обеспечения подразделение звуковой разведки в некоторых случаях может быть выдвинуто на временный рубеж развертывания за передний край главной полосы обороны, на котором может быть развернуто только две акустические базы.

Порядок занятия временного рубежа и перехода на основной рубеж или запасный рубеж определяется старшим артиллерийским командиром.

При обороне на широком фронте и при отсутствии достаточного количества подразделений звуковой разведки последние развертываются на наиболее ответственных направлениях, выполняя задачу, как при обороне, на нормальном фронте.

§ 3. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ ЗИМОЙ

При наличии глубокого снежного покрова перевозка приборов и телефонного кабеля от центрального пункта на места боевого порядка может производиться на санках или волокушах. Санки можно изготовить из лыж или из подручного материала. Личный состав линейного взвода передвигается на лыжах.

Там, где телефонные линии нельзя подвесить, их закапывают

неглубоко в снег. При глубоком закапывании трудно производить снятие линий, кроме того, при этом сильно портится кабель.

Центральный пункт располагается в теплом помещении (землянке). Во избежание замерзания чернил при перевозках следует иметь чернильный порошок и приготовлять чернила в землянке перед работой. Приготовленные из порошка чернила надо некоторое время держать в сосуде, чтобы нерастворившиеся частицы осели на дно.

Если работа ведется на воздухе при температуре ниже нуля, необходимо иметь незамерзающие чернила (с примесью 10% спирта или глицерина), изготовляемые в подразделениях. Для обеспечения нормальной работы аккумуляторных батарей при низких температурах воздуха необходимо повышать плотность электролита, руководствуясь при этом инструкцией по эксплуатации аккумуляторов.

Звукоприемники регулируются на открытом воздухе; вносить их для этой цели в отапливаемые помещения (землянки) не разрешается.

Для предохранения от ветра звукоприемник ставят в окоп, вырытый в снегу.

§ 4. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ В ГОРАХ И В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

При развертывании в горах необходимо следить за тем, чтобы все звуковые посты были на одном уровне и чтобы впереди не было больших возвышенностей, в особенности возвышенностей, покрытых лесом. Звуковые посты лучше устанавливать на скатах, обращенных к противнику.

При наличии возвышенностей впереди звуковых постов последние должны быть удалены от вершин этих возвышенностей (гребней высот) примерно на $6\Delta h$ [Δh — превышение впереди лежащей вершины (гребня) над точкой стояния звукоприемника].

Например, если высота гребня над уровнем моря 850 *м*, а высота точки стояния звукоприемника 600 *м*, то удаление по горизонту от этого гребня до звукового поста должно быть около 1,5 *км* ($\Delta h = 850—600 = 250$, $6\,\Delta h = 1500$ *м*).

Звукоприемники нельзя ставить на вершинах и гребнях высот, а также в узких лощинах, так как в этих местах метеорологические условия резко отличаются от метеорологических условий остальной местности. В широких лощинах, ширина которых не меньше ширины фронта батареи, можно устанавливать звуковые посты, но только при условии, чтобы все они находились в этой лощине.

При работе в горах при пользовании наземными данными лучше последние определять на каждой базе и брать среднее значение из них.

В горах слышимость хуже, чем в равнинной местности, в частности, на слышимость оказывают большое влияние низкие густые облака, спускающиеся ниже гребней гор. В этом случае засечка целей становится почти невозможной.

При работе подразделения звуковой разведки в крупных городах места для звукоприемников выбираются на площадях, в парках или в подвалах. При этом надо следить, чтобы впереди звуковых постов не было высоких преград.

В крайнем случае звукоприемники можно устанавливать на широких улицах (шириной более 15 *м*), идущих примерно параллельно фронту, и на той стороне, которая наиболее удалена от противника. При работе в городе можно ограничиться развертыванием четырех постов на коротких акустических базах. Звукоприемники в этом случае лучше устанавливать в подвалах на твердом грунте, имеющих окна в сторону противника, или в окопах. Если ширина улиц меньше 15 *м*, то звукоприемники устанавливаются на чердаках или крышах домов.

Пост предупреждения располагают на возвышенных местах или же на чердаках, крышах домов или на балконах.

При прокладке линий связи вдоль улиц провода подвешиваются на оградах, на фонарных и телеграфных столбах. Нежелательно линии связи прокладывать непосредственно по земле.

Ввиду того что в крупных городах направление ветра у земли обычно совпадает с направлением улиц и не соответствует направлению ветра выше зданий, метеорологический пост следует располагать на крыше достаточно высокого здания в районе центрального пункта.

Топографическую привязку звуковых постов в крупных городах вначале производят по карте (фотоснимку), или по плану города, с последующим уточнением привязки топографическим подразделением.

Передвижение и ориентирование в горах и крупных городах значительно труднее, чем на ровной и открытой местности, поэтому продолжительность развертывания в горах и крупных городах в полтора — два раза больше, чем на равнинной и открытой местности.

§ 5. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ В ЛЕСИСТОЙ МЕСТНОСТИ

Особенностью условий развертывания в лесистой местности является трудность ориентирования. Нередки случаи, когда из-за неумения ориентироваться в лесу начальники постов, сделав круг, приходили с линиями связи на центральный пункт. Поэтому при развертывании подразделения звуковой разведки в лесистой местности командир подразделения обязан особое внимание обращать на выбор мест расположения звуковых постов и путей прокладки линий связи. Начальники баз и начальники постов при прокладке линий связи должны уметь хорошо ориентироваться по местным предметам и по компасу.

В особо трудных условиях прокладкой линии связи должны руководить командир линейного взвода и командир подразделения.

Места для звуковых постов выбираются впереди леса или за лесом — на удалении не менее 200 *м* от него, на полянах — на удалении около 200 *м* от края поляны, более близкого к противнику. В случае плохой слышимости звукоприемники (при ветре до 3—4 *м/сек*) устанавливают на вышках, устроенных на деревьях. При более сильном ветре верхушки деревьев сильно раскачиваются, что влияет на работу звукоприемников. Не рекомендуется устанавливать звукоприемники на просеках, идущих перпендикулярно линии фронта.

Пост предупреждения располагают возможно ближе к переднему краю своих войск в месте, обеспечивающем хорошую слышимость. В случае надобности старший разведчик с выносной кнопкой располагается на дереве.

Линии связи подвешивают на деревьях.

Ориентирование и передвижение в лесистой местности труднее, чем на открытой, поэтому как и в горах и крупных городах времени на развертывание требуется раза в полтора — два больше, чем на открытой местности.

§ 6. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ НОЧЬЮ

Из опыта Великой Отечественной войны известно, что ночь широко использовалась войсками в их боевых действиях. Поэтому на действия подразделений звуковой разведки ночью должно быть обращено особое внимание.

С одной стороны, ночь создает, как правило, благоприятные условия для работы звуковой разведки по засечке целей, с другой стороны, условия рекогносцировки и развертывания ночью весьма неблагоприятны, тем более, что в боевых условиях запрещено в целях маскировки пользоваться какими-либо общепринятыми источниками света для освещения пути следования. В соответствии с этим рекогносцировку местности надо стремиться производить засветло, отмечая выбранные места постов и пути прокладки линий связи хорошо заметными предметами, а в случае надобности выставляя в определенных местах маяки из состава постов.

Весь личный состав и в особенности начальники баз и начальники постов должны быть хорошо обучены движению по азимуту при помощи компаса.

Ночью сильно затрудняется и топографическая привязка звуковых постов. Поэтому рекомендуется работу вести на коротких акустических базах, выбирая центры их вблизи хорошо заметных контурных точек.

Особое внимание следует уделять охране постов и светомаскировке. Личный состав звуковых постов и в особенности постов предупреждения должен быть обучен работе на приборах постов без какого-либо освещения.

§ 7. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ МИНОМЕТОВ, БЕЗОТКАТНЫХ ОРУДИЙ, РЕАКТИВНЫХ УСТАНОВОК И ЗЕНИТНЫХ ОРУДИЙ (БАТАРЕЙ)

Огневые позиции минометных батарей, как правило, находятся в оврагах, на обратных скатах высот, в воронках от авиационных бомб крупного калибра, на лесных полянах и в других, скрытых от наземного наблюдения местах.

Вследствие этого обнаружение минометов противника путем визуального наблюдения затрудняется, и перед звуковой разведкой ставится ответственная задача — производить разведку минометов и корректирование огня по ним. При этом может производиться корректирование огня артиллерии и минометов.

Огневые позиции располагаются: 81-*мм* минометов на расстоянии от нескольких сот метров до 1,5 *км* от переднего края; 105-*мм* и более — на расстоянии 1—3 *км*.

Минометный выстрел характеризуется следующими особенностями:

а) звук выстрела из миномета значительно слабее выстрела из орудия 76-*мм* калибра;

б) при выстреле из миномета всегда отсутствует баллистическая волна;

в) дальность приема звука минометного выстрела значительно меньше, чем орудийного;

г) дульная волна при выстреле из миномета всегда опережает звук разрыва.

Стрельба из минометов производится, как правило, залпами, поэтому огонь одиночных минометов, применяемый во время пристрелки, следует в полной мере использовать для их засечки. Признаки, демаскирующие стрельбу из минометов, следующие.

Для миномета калибра 81 мм. При выстреле в безветренную погоду образуются кольца белого, иногда синеватого дыма, поднимающегося на высоту 2—3 *м*, а при благоприятных условиях — и выше, после чего в течение некоторого времени наблюдается струя дыма.

При ветре кольца не образуются, а дым в зависимости от направления ветра принимает форму вытянутого конуса или клубков. Дым нестойкий, быстро рассеивающийся.

Звук выстрела глухой, короткий, напоминающий выхлоп из трубы, не дающий раскатистого эха в лесу и в оврагах.

В туман и ночью видна короткая вспышка огня ярко-красного цвета в виде языка. Указанные признаки хорошо наблюдаются на расстоянии до 2,5 *км*.

Для минометов калибра 105 мм и более. При выстреле образуется вспышка пламени в виде овала красноватого цвета. Дальность приема звука на слух 4—5 *км*. Звук выстрела резкий и короткий по времени.

Дульные волны безоткатных орудий имеют характеристику мощности, примерно одинаковую с мощностью дульной волны гаубицы

такого же калибра. Поэтому характер записи дульных волн безоткатных орудий и дальность засечки их будут одинаковыми с характером записей и с дальностью засечки гаубиц.

При стрельбе реактивных установок в воздухе наблюдается горение реактивного состава, оставляющего за собой полосу красноватого цвета.

Дальность приема звуков выстрелов при средних условиях слышимости:

— 4 *км* для 81-*мм* минометов;
— 4—6 *км* для минометов калибра 105 *мм*;
— 3—4 *км* для реактивных установок.

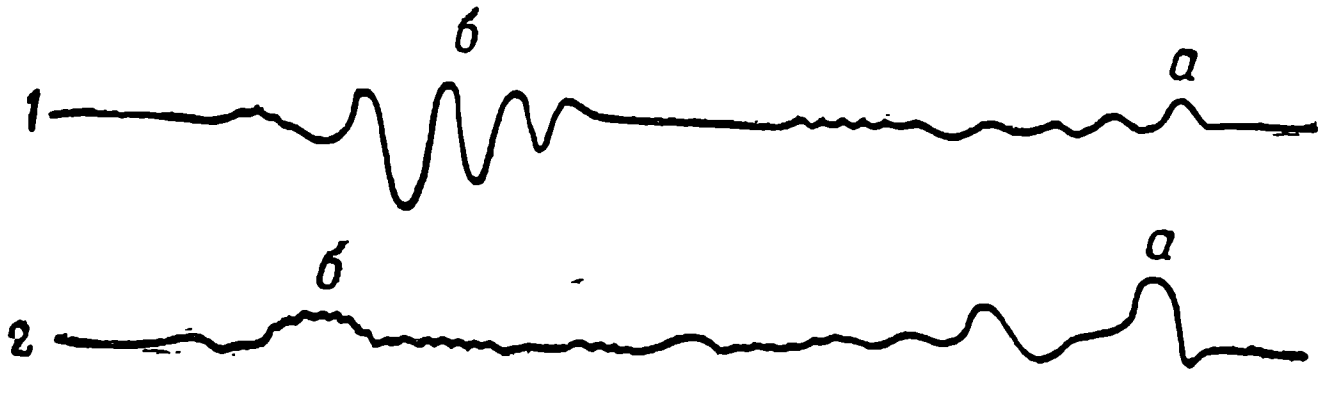


Рис. 164. Записи волны одиночного выстрела реактивных минометов бывшей немецкой армии:
1 — 210-*мм* миномета; *2* — 300-*мм* миномета; *а* — начальный импульс; *б* — конечный импульс

Характерным в записи выстрела из миномета является то, что начало записи выражается не резко, отсутствуют так называемые «хвосты» и конец записи плавно переходит в прямую. Амплитуда записи колебания небольшая.

Запись выстрела реактивной установки получается двойной и с длинными хвостами. Первая запись относится к моменту воспламенения реактивного состава, а вторая запись к моменту окончания горения (к выхлопу). Начало первой записи находится от начала второй записи на удалении от нескольких десятых долей секунды до одной секунды и более и зависит от системы мины и от начальной скорости ее. При стрельбе из 158-, 210-, 280- и 300-*мм* реактивных минометов бывшей немецкой армии расстояние это было 0,6—0,8 секунды. Отсчеты снимаются по началам первых записей, т. е. по записям, относящимся к начальному импульсу (по записям, отмеченным буквой *а* на рис. 164).

Старший разведчик на посту предупреждения должен хорошо знать все признаки, демаскирующие стрельбу минометов, в особенности реактивных установок, и быстро реагировать на стрельбу их.

Ввиду того что дальность засечки при средних условиях слышимости 105-*мм* миномета около 4—6 *км*, фронт развертывания подразделения звуковой разведки и полоса разведки не должны превышать 4—5 *км*, в противном случае звуки выстрелов от фланговых

целей не будут приниматься звукоприемниками, расположенными на другом фланге.

81-*мм* минометы располагаются в глубине за передним краем до 1,5 *км*, поэтому удаление рубежа развертывания подразделения звуковой разведки от передовых частей своей пехоты должно быть не более 2,5 *км*.

При стрельбе зенитных орудий по наземным целям дульные волны ничем не отличаются от дульных волн орудий того же калибра наземной артиллерии. При стрельбе зенитных орудий по наземным целям принимаются звукометрическими станциями и баллистические волны. Следовательно, при стрельбе зенитных орудий по наземным целям одиночными выстрелами каких-либо особенностей при их засечке звукометрическими станциями не встречается.

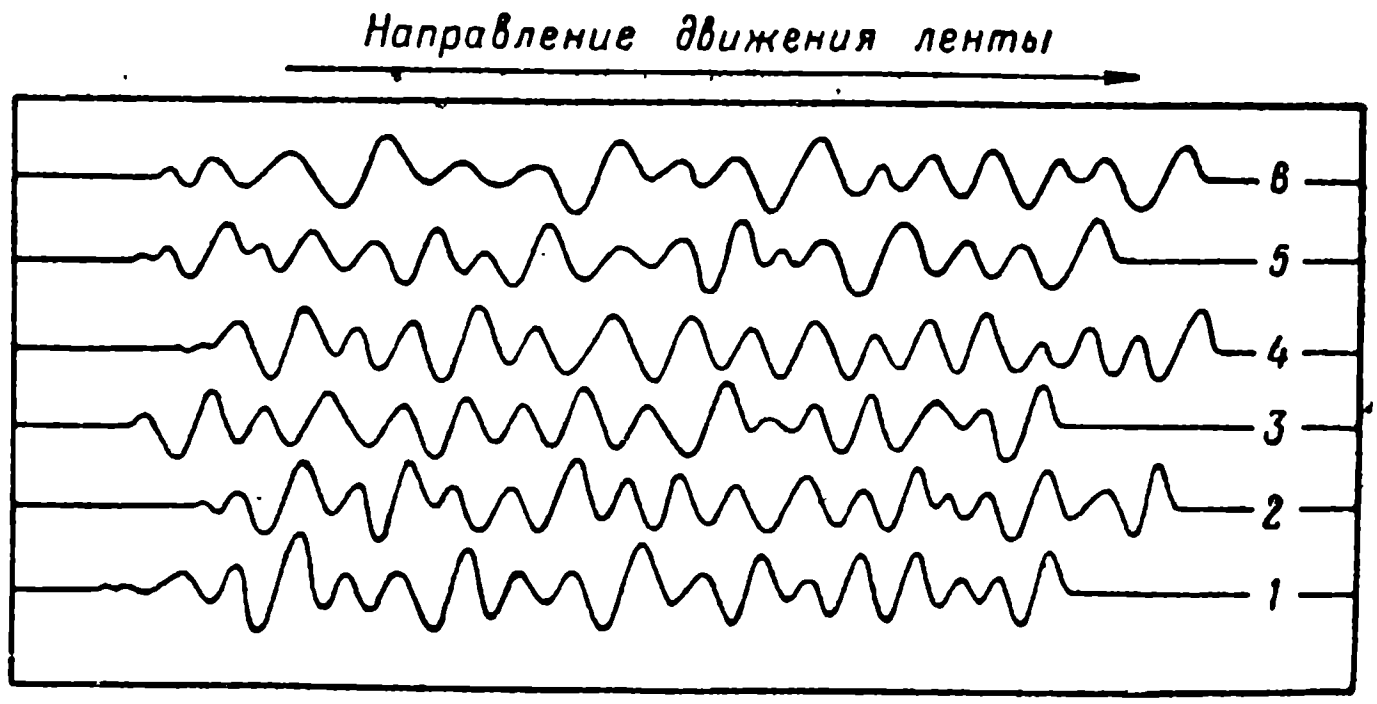


Рис. 165. Пример записей звуков выстрелов при автоматической стрельбе из зенитного орудия

По воздушным целям зенитные орудия ведут огонь под большими углами возвышения, за исключением стрельбы по самолетам, летящим на бреющем полете, и вертолетам. Вследствие этого, как нам известно из предыдущего, баллистической волны в плоскости земли может не получиться, поэтому запись этой волны на звукометрической ленте будет отсутствовать. Кроме того, по воздушным целям зенитные орудия ведут автоматический огонь с большой скорострельностью. При таком огне нетрудно на слух отличить стрельбу этих орудий от стрельбы наземной артиллерии. При ведении автоматического огня орудий мелких калибров и батарей средних калибров на звукометрической ленте получается характерное для этого случая расположение записей, как это показано на рис. 165. На этом же рисунке показано, что определить разность времени можно только по первой записи на линии каждого пера, если прибор будет своевременно запущен с поста предупреждения. Следовательно, координаты батареи можно определить только по первой записи данного залпа (очереди).

§ 8. БОЕВЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ВЕДУЩИЕСЯ В ПОДРАЗДЕЛЕНИИ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

Боевыми документами подразделения звуковой разведки называются документы, относящиеся к боевой деятельности подразделения. К таким документам относятся: ленты с записями звуков выстрелов батарей противника или разрывов снарядов при обслуживании стрельбы своей артиллерии, бланки обработки отсчетов, метеорологические бюллетени, планшет засечек и пристрелочный планшет, журнал целей, схема целей, рабочая карта, схема боевого порядка подразделения и боевое донесение.

Все эти документы ведутся на центральном пункте. Кроме перечисленных документов, на посту предупреждения ведется журнал разведки.

Лента с записями звуков выстрелов батарей противника является основным и первичным документом, согласно которому определяются координаты разведываемой цели. Этот документ необходимо хранить в течение всего времени пребывания на данном рубеже разведки, что вызывается следующими обстоятельствами.

Стрельба на поражение по засеченным целям может вестись, например, только в период артиллерийской подготовки атаки, в то время как цель может быть засечена в период подготовки наступательного боя. За этот промежуток времени может возникнуть необходимость в проверке результатов засечки данной цели, т. е. может возникнуть необходимость в просмотре ленты с записями данной цели. Лента с записями может пригодиться для облегчения дешифрирования другой ленты, полученной при последующем открытии огня данной целью. Наконец, лента с записями стрельбы данной цели может облегчить нахождение записей разрывов снарядов при стрельбе по этой цели.

В процессе работы на данном рубеже разведки таких лент накапливается очень большое количество. Для облегчения нахождения их в случае надобности на ленте записывается ряд сведений, характеризующих данную цель.

На каждой ленте записывают: время получения записей (число, месяц, часы и минуты), номер ленты, а при обслуживании стрельбы номер разрыва, номер цели и величины отсчетов с их знаками.

На первой ленте (см. рис. 129) по данной цели, кроме того, записывают: район (направление), откуда стреляла засекаемая цель, калибр, систему и число засеченных орудий (минометов) противника, темп и количество выстрелов.

Рабочая карта ведется лично командиром подразделения и используется им при обработке разведывательных сведений, при отдаче боевых распоряжений, при составлении боевых донесений и при личных докладах старшему артиллерийскому командиру.

На рабочую карту наносят: передний край противника, полосу разведки и районы особого внимания, боевой порядок подразделения звуковой разведки, все цели, засеченные подразделением,

Журнал целей

(подразделение звуковой разведки)

№ цели	Дата и время засечки цели	Наименование цели и характеристика ее деятельности	Координаты цели		Угол засечки	Дальность засечки в *км*	Характеристика точности и надежности засечки
			x	*y*			
103	10.10 8.45—8.59	4-орудийная 105-*мм* батарея произвела 12 выстрелов. Вела огонь очередями. Темп огня в очереди 1 секунда, между очередями 6 минут. Стреляла по роще „Ровная“	25700	51640	5-40	10,0	Приближенно
104	10.10 9.10—9.35	Батарея вела огонь одиночными выстрелами. Произвела 8 выстрелов с темпом 3 минуты. Стреляла по северной окраине дер. Карпово	27080	50630	5-20	12,5	Точно. Обработано по четырем отсчетам с каждой базы
105	10.10 10.15—10.45	На лентах обнаружены записи 10 выстрелов. Темп огня 3 минуты. Место разрывов снарядов не определено	27550	51680	5-40	10,2	Приближенно

с указанием времени их засечки, калибра и числа орудий и присвоенных целям номеров.

Планшет засечек служит для определения положения (координат) засеченных целей.

Пристрелочный планшет служит для измерения отклонений разрывов от цели при обслуживании стрельбы подразделением звуковой разведки.

Планшет засечек и пристрелочный планшет совершенно одинаковые и можно один применять вместо другого. При засечке дальних целей пользуются планшетом в масштабе 1 : 25 000, а при засечке ближних целей — 1 : 10 000. Можно вести работу и на планшете в масштабе 1 : 12 500. Чем крупнее масштаб, тем точнее засечка.

Журнал целей является основным документом учета разведывательных сведений, добытых подразделением звуковой разведки.

В журнал целей заносятся все цели, засеченные подразделением звуковой разведки, с присвоенными им номерами.

Повторно засеченные цели записывают в журнале за одним и тем же номером.

В графе «Дата и время засечки цели» в числителе записывают месяц и число, а в знаменателе — время начала и конца засечки. Время начала засечки переписывают с первой ленты, а конец с последней. Число лент относят к небольшому промежутку времени, порядка одного — двух десятков минут.

В графе «Наименование цели и характеристика ее деятельности» указывают:

— число орудий (минометов) и их калибр;
— число произведенных выстрелов;
— темп огня;
— район обстрела.

Точные координаты обозначают словом «точно» с указанием числа отсчетов. Все остальные координаты обозначают словом «приближенно».

Надежность засечек определяется числом обработанных по ней отсчетов с каждой базы. Надежной засечкой считается такая, которая произведена по трем и более отсчетам.

Журнал целей ведет чертежник или его помощник. Дату, часы и минуты засечки, угол засечки, дальность, координаты и характеристику точности и надежности заносят в журнал на основании данных, указанных в бланке обработки и полученных на планшете. Остальные графы журнала заносятся на основании указаний командира вычислительного взвода. Указания эти даются на основании изучения записей на ленте (сведений от поста предупреждения) и личных наблюдений за деятельностью цели. Номер цели присваивает командир подразделения или командир вычислительного взвода.

Схема целей (рис. 166) является графическим воспроизведением журнала целей, наглядно показывающим взаимное расположение целей и их положение относительно местных предметов. Цели обозначаются на схеме установленными условными знаками и нумеру-

ются присвоенными им номерами. Схема прикладывается к боевому донесению.

Боевое донесение является документом, представляемым командиром подразделения звуковой разведки командиру части о боевой деятельности подразделения за сутки. Боевое донесение представ-

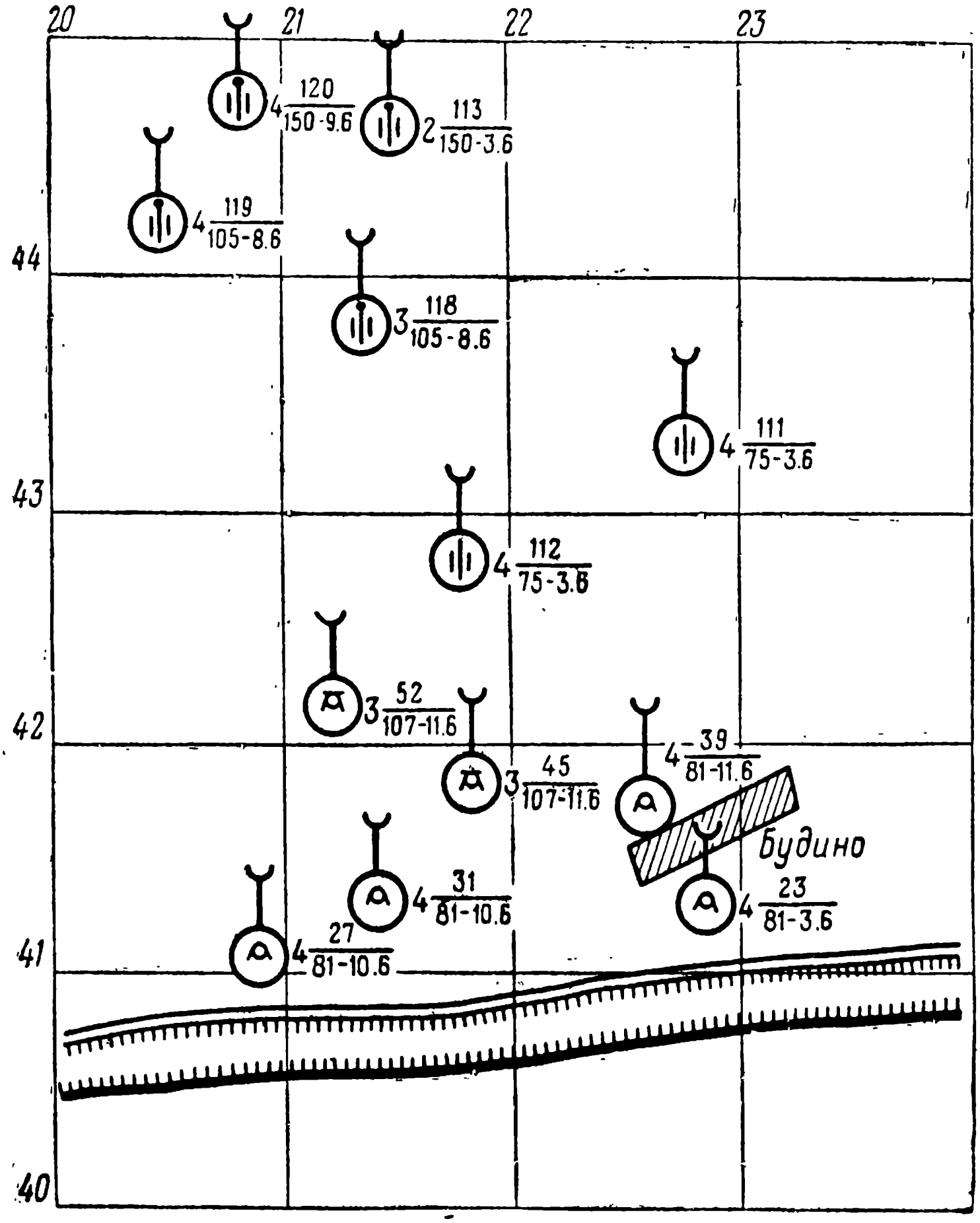


Рис. 166. Схема целей

ляется в произвольной форме в сроки, установленные вышестоящим штабом.

Схема боевого порядка является копией боевого порядка, снятой с рабочей карты командира подразделения. На схему наносится также координатная сетка и проставляется дата ее составления.

К боевому донесению прилагается схема целей, а к первому боевому донесению и схема боевого порядка с указанием способа топографической привязки и координат звуковых постов.

§ 9. ОБРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ СВЕДЕНИЙ

Командир подразделения звуковой разведки, прежде чем занести те или другие сведения о какой-либо цели в журнал целей, обязан произвести тщательное изучение их. Он не должен только фиксировать получение координат обнаруженных целей, но на основе учета всех сведений о них дать полную характеристику каждой засеченной цели.

Задача подразделения звуковой разведки не ограничивается только разведкой батарей; необходимо после засечки каждой цели вести непрерывное наблюдение за ее огневой деятельностью. В бою очень часто подавленные, но не уничтоженные батареи вновь оживают, что бывает обычно в наиболее ответственные моменты боя, например, при атаке, бое в глубине и т. д. В этих случаях командир подразделения звуковой разведки должен немедленно опознавать такие батареи и докладывать о них на огневую батарею или дивизион, с которым он связан.

Наблюдение за деятельностью батарей, взводов и орудий противника должно вестись на всех звуковых постах и в особенности на постах предупреждения.

На основе изучения полученных сведений о цели и в соответствии с задачами звуковой разведки (§ 2 главы I) командир подразделения звуковой разведки должен в результате определить:

— координаты цели;

— число орудий (минометов) на огневой позиции, систему (пушка или гаубица) и калибр их;

— степень достоверности засеченной цели (действительная, ложная или кочующая) и степень надежности засечки;

— характеристику цели (артиллерийская батарея, минометная батарея, реактивная установка, зенитная батарея);

— степень точности засечки (точно или приближенно);

— характер огневой деятельности засеченных батарей противника (количество выстрелов, темп огня, сколько раз проявляла себя цель).

Получению этих сведений должно способствовать хорошее знание организации войск противника, основ боевого применения родов войск и особенно артиллерии, артиллерийской техники противника и ее тактико-технических данных, а также способов маскировки, применяемых противником. Действительно трудно дать характеристику цели, если не знаешь, например, калибров орудий противника или принятого расположения орудий на огневой позиции и т. д.

Совершенно очевидно, что командир подразделения звуковой разведки должен иметь очень большое количество сведений по каждой разведанной цели, и на первый взгляд кажется, что всех этих сведений он получить не может. Поэтому постараемся изложить последовательно вопрос о порядке получения этих сведений.

Координаты целей получают в результате обработки отсчетов и построения углов α на планшете. Для увеличения точности и надеж-

ности засечки углы α (синусы этих углов) определяют не менее как по трем — четырем отсчетам. С точки зрения точности больше четырех — шести отсчетов брать не следует, так как при большем числе отсчетов точность растет незначительно, время же на обработку их сильно увеличивается. С точки зрения надежности нельзя брать меньше трех — четырех отсчетов с каждой базы. При определении углов α, например, по одному отсчету, по одной системе записей, не является надежным потому, что дешифровщик может за систему записей взять какую-либо случайную комбинацию записей, в результате чего будут получены координаты несуществующей цели. И только получение трех — четырех систем записей по какой-либо цели может гарантировать, что эти записи относятся к действительной цели, т. е. что данная цель определена надежно.

При изучении координат целей можно встретиться с таким положением, когда координаты различаются между собой настолько, что трудно сказать, относятся ли они к одной цели или к разным целям.

Рассмотрим сначала этот вопрос при получении точных координат целей.

Из главы VIII известно, что определение координат целей характеризуется эллиптической ошибкой с полуосями $a = 1\%\ Д_з$ и $b = 4$ делениям угломера. Следовательно, получив координаты цели, мы можем сказать, что возможное положение цели будет в эллипсе с полуосями, равными $4a$ и $4b$, или с небольшой погрешностью можем считать, что цель возможно будет находиться в прямоугольнике со сторонами по дальности в $8\%\ Д_з$ и по направлению в 32 деления угломера.

Следовательно, с точки зрения закона ошибок, мы можем к разным целям относить только те координаты, расхождение в которых больше восьми срединных ошибок по дальности или по направлению.

Пусть, например, при наличии четырёх засечек по одной цели ~~Из главы VIII известно, что определение координат целей~~ при $Д = 12$ *км* получили $x_{ср} = 71630$ и по другой $x_{ср} = 71990$. Предположим, что направление ошибок по дальности совпадает с осью x-ов и что значения y-ов по обеим целям одинаковые. Разница в координатах x или, что то же самое, разница в дальностях будет равна 360 *м*. При величине срединной ошибки, равной $1\%\ Д$, получаем разницу в координатах x, равную трем срединным ошибкам. С точки зрения закона ошибок мы должны эти координаты отнести к одной цели, так как расхождение в координатах меньше восьми срединных ошибок. Но вместе с этим расхождения в координатах велики, поэтому мы не можем эти координаты относить к одной цели. Следовательно, в этих случаях надо пользоваться какими-то другими признаками, чтобы отнести полученные координаты к той или иной цели.

Такими признаками могут быть:

— наименьшее возможное удаление по глубине огневой позиции одной батареи от другой;

— наибольшее удаление по фронту одного орудия данной батареи от других;

— качество и характер записей на ленте;

— сведения с поста предупреждения и звуковых постов.

Расстояние между огневыми позициями двух батарей по глубине обычно не меньше 200 *м*. Фронт батареи обычно не больше 150—200 *м*. Поэтому, если будут получены координаты, например, x_1, y_1 и x_2, y_2 и по этим координатам нанесены точки на планшет, то при удалении одной точки от другой по глубине больше чем на 200 *м* или по фронту больше чем на 150—200 *м* полученные координаты надо относить к разным целям. Если же расхождение в положении точек будет по глубине меньше 200 *м* и по фронту меньше 150 *м*, полученные координаты надо относить к одной цели и за истинное значение координат надо брать среднее арифметическое значение их.

При наличии приближенных координат целей определение среднего арифметического значения производится только для того, чтобы выявить группировку артиллерии (минометов) противника. Но в этих случаях средние значения определяются только по координатам, полученным при одинаковых метеорологических условиях и одним и тем же подразделением.

Получение средних арифметических значений координат для стрельбы по данным целям нецелесообразно, так как установки для стрельбы на поражение по этим целям определяются пристрелкой, которая производится согласно последним координатам, полученным по данной цели.

Наконец, необходимо помнить, что звуковая разведка ведет работу не одна. Одновременно с ней ведут работу и другие средства инструментальной разведки.

Сведения о засеченных целях всеми видами инструментальной разведки сосредоточиваются в вышестоящем штабе, где путем сопоставления анализируются и уточняются.

В подразделении звуковой разведки также желательно иметь данные о засеченных целях другими видами разведок. В случае примерного совпадения координат целей, засеченных подразделением звуковой разведки, с координатами этих целей, засеченными другими видами разведки, создается уверенность в правильности работы и, наоборот, при несовпадении этих координат командир подразделения звуковой разведки попытается найти ошибку, допускаемую его батареей. Кроме того, достаточно проверенные координаты, например, координаты, полученные фоторазведкой или оптической разведкой, могут быть использованы для определения систематической ошибки.

Число орудий (минометов) на данной огневой позиции определяется по записям на ленте и при группировании отсчетов, как об этом было подробно изложено в § 9 главы VII. При стрельбе какой-либо батареи очередями, а также и залпами записи на линии каждого пера от каждого орудия располагаются на определенных интервалах. По этим записям нетрудно определить число орудий на данной огневой позиции, см. например, рис. 133. Кроме того, при

определении числа орудий на данной огневой позиции пользуются данными докладов начальников постов предупреждения и звуковых постов.

Определение **системы и калибра орудия** по записям на ленте, хотя и возможно, но не достаточно надежно. Например, две какие-либо цели расположены недалеко одна от другой и по одной из них получили записи с большей амплитудой, чем по другой, то можно предполагать, что записи с большей амплитудой относятся к цели, имеющей орудия большего калибра. Но и такое качественное (сравнительное) определение калибра не является достаточно надежным. Действительно такими целями могут быть, например, пушка и гаубица одного и того же калибра, так как дульная волна при стрельбе из пушки получается более мощной, чем при стрельбе из гаубицы того же калибра.

Таким образом, наряду с изучением записей необходимо использовать и все другие признаки, характеризующие данную цель, а для этого необходимо вести непрерывное наблюдение за деятельностью целей.

Весь личный состав подразделения должен хорошо знать типы и калибры орудий и минометов противника и уметь по звуку (на слух), а также по характеру (по виду) разрывов отличать стрельбу орудий от минометов и определять их калибр. Весь личный состав подразделения должен также уметь определять систему и калибр орудий и минометов по характеру разрывов снарядов и мин, по воронкам и неразорвавшимся снарядам и осколкам. Только путем всестороннего изучения действия цели, записей на ленте, исследования воронок, неразорвавшихся снарядов и осколков можно определить систему и калибр орудий и минометов.

Степень достоверности засеченной цели определяется по записям на ленте, по координатам ее и по данным с постов предупреждения и постов звуковой разведки.

Выделение кочующих орудий (взводов и батарей) и организация ложных огневых позиций производятся для того, чтобы ввести противника в заблуждение и скрыть тем самым действительное наличие и группировку своей артиллерии. С помощью кочующих орудий (взводов) обычно стремятся имитировать стрельбу батареи. Известно, что разброс отсчетов по отдельному орудию получается до 20 тысячных секунды. Разброс по трех- четырехорудийной батарее получается порядка 50—60 тысячных секунды. Вследствие этого звуковая разведка может отличать стрельбу кочующих орудий от стрельбы батарей. Кроме того, кочующие орудия выполняют определенные задачи, предусмотренные планом. Они перемещаются с позиции на позицию по определенному, чаще всего замкнутому маршруту. На каждой позиции они ведут огонь по нескольким целям, выпуская по каждой 16—20 снарядов. Кочующие орудия обычно перемещаются по дорогам, так как они должны быстро переходить с одной позиции на другую.

Подразделение звуковой разведки может обнаружить огневые позиции, маршруты кочующих орудий и взводов, пользуясь величи-

нами отсчетов и периодическим повторением стрельбы с различных, недалеко отстоящих (500—1000 *м*) друг от друга огневых позиций.

Ложные огневые позиции обозначаются иногда подрывами с целью имитации стрельбы с них. Отсутствие летящих и падающих снарядов (мин) указывает на то, что звуки создаются подрывами. Нам известно, что при выстрелах из орудий, имеющих начальную скорость снаряда больше скорости звука, образуется баллистическая волна. Наличие записи баллистической волны свидетельствует о том, что с данной огневой позиции ведется огонь из орудий и, кроме того, что начальная скорость снаряда этих орудий больше скорости звука.

Характеристику цели определяют как по записям на ленте, так и по данным с постов предупреждения и с постов звуковой разведки.

Записи дульных волн минометов и безоткатных орудий по сравнению с записями дульных волн орудий имеют меньшую амплитуду и более закругленные вершины. Записи звуков выстрелов из реактивных минометов имеют еще большую разницу, чем записи звуков выстрелов из минометов (см. рис. 164).

Записи дульных волн при автоматической стрельбе батареи зенитной артиллерии малого калибра легко отличаются по записям на ленте от записей дульных волн наземной артиллерии (см. рис. 165). Кроме того, стрельбу зенитных орудий по воздушным целям легко отличить по воздушным разрывам.

Степень точности определяется в зависимости от условий работы, как об этом написано в § 1 главы VIII. При соблюдении всех соответствующих условий координаты целей относятся к точным или приближенным.

Характер огневой деятельности засеченных батарей противника определяется по записям на ленте и по сведениям с постов предупреждения и постов звуковой разведки.

Количество выстрелов можно подсчитать по записям на ленте, однако это можно сделать только при очень небольшом их количестве (несколько выстрелов). При большом количестве выстрелов число их определяется по сведениям с постов. Темп огня определяется обычно по данным с поста предупреждения, хотя не исключается возможность определения его и по записям на ленте, в особенности когда ведет огонь небольшое число батарей. Данные о том, сколько раз себя проявляла данная цель, берутся из журнала целей.

Все засеченные цели по их координатам наносятся на разведывательную карту, по которой еще раз проверяется достоверность этой цели.

При нанесении на карту может оказаться, что цель находится в болоте, на озере и т. п. В таких случаях необходимо получить дополнительные сведения с задачей уточнения имеющихся сведений об этой цели. При этом надо иметь в виду, что, например, во время второй мировой войны гитлеровцы с целью маскировки иногда рас-

полагали орудия (батареи) на озере, на болоте, устанавливая их на плоты.

Нанесение целей на карту помогает также установить кочующие орудия, которые, как это указывалось, располагаются вблизи дорог и имеют несколько огневых позиций, отстоящих метров на 500—1000 одна от другой.

При анализе целей самым трудным является группирование получаемых координат. Дело в том, что при получении ряда координат, мало отличающихся друг от друга, трудно определить, к какой цели относятся те или другие из них.

§ 10. ЗВУКОМАСКИРОВКА ОГНЕВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АРТИЛЛЕРИИ

Использование неблагоприятных условий для работы звуковой разведки

Для успешной обработки и изучения разведывательных сведений офицеры подразделения звуковой разведки должны хорошо знать не только организацию, основы боевого применения и тактико-технические данные артиллерии (минометов) противника, но и те методы и приемы, которые применяются противником для затруднения работы звуковой разведки.

Ниже дается описание способов и приемов маскировки огневой деятельности артиллерии, которые широко использовались воюющими сторонами во второй мировой войне.

Как известно, звуковая разведка наряду с положительными свойствами обладает и рядом отрицательных свойств, а именно:

1. Дальность и точность работы ее зависят от метеорологических условий, от рельефа местности, от подстилающей поверхности и местных предметов.

2. Продуктивность звуковой разведки зависит от количества звуков, подходящих к звукоприемникам в единицу времени.

3. При интенсивной стрельбе артиллерии и минометов для обработки лент требуется довольно значительное время.

Эти отрицательные свойства и используются с целью маскировки стрельбы своей артиллерии.

Из главы I известно, что при неблагоприятных условиях работы (при плохой слышимости) дальность работы звуковой разведки сильно понижается, поэтому при условиях, не благоприятных для работы звуковой разведки противника, вообще можно вести огонь без особых мер звукомаскировки.

Но неблагоприятные условия работы для звуковой разведки противника создаются не только в результате влияния метеорологических факторов; они могут быть созданы и при соответствующем выборе огневых позиций. Так, например, с целью создания неблагоприятных условий для работы звуковой разведки противника огневые позиции выбирают в лощинах, позади крутых скатов, за лесом, в летнее время за озером и т. п. С этой же целью огонь ведут при наименьших зарядах, необходимых для выполнения боевых задач.

Звукомаскировка путем создания большого количества звуков

С целью звукомаскировки создают наибольшую плотность звуков в районе расположения звукоприемников противника, т. е. чтобы к каждому его звукоприемнику в каждую единицу времени приходило большое количество звуков.

Чем больше в каждую единицу времени подходит звуков к звукоприемникам, тем труднее становится работа звуковой разведки.

Чем больше одновременно стреляет артиллерийских и минометных батарей и чем короче огневой налет, тем действительнее становится звукомаскировка.

Для достаточно надежной звукомаскировки насыщенность поля боя звуками должна быть не менее трех звуков в секунду, учитывая при этом выстрелы и разрывы снарядов.

Такое количество звуков могут дать, например, 25—30 орудий среднего калибра при 10-минутном огневом налете, стоящих примерно на одинаковом удалении от рубежа развертывания звуковых постов противника.

Чтобы звуки приходили к звукоприемникам примерно одновременно, при разных удалениях нескольких огневых позиций от противника открывают огонь с дальней огневой позиции. На ближней к фронту огневой позиции открывают огонь при подходе к ней звука выстрела с дальних огневых позиций. Так как на производство выстрела нужно определенное время (около 1 секунды), то выставляют в сторону дальней огневой позиции слухача метров на 300—350 от своей огневой позиции и по его сигналу открывают огонь.

При разных удалениях огневых позиций момент для открытия огня можно определять также по блеску выстрела, сигналу по телефону. Огонь в этих случаях с ближних огневых позиций дают после блеска или сигнала по телефону через время, рассчитанное по формуле

$$t = 3l - 1,$$

где l — расстояние между огневыми позициями в километрах (1 секунда дается на запаздывание).

Например, если одна огневая позиция находится на 1700 *м* дальше другой, то после блеска выстрела на дальней позиции открывают огонь на ближней к противнику позиции через $3 \cdot 1{,}7 - 1 \approx 4$ секунды.

Подобным образом можно имитировать стрельбу батареи, выделяя по одному орудию от дивизиона. Особенно хорошие результаты дает звукомаскировка, организованная таким образом при стрельбе со многих направлений, взятых на широком фронте. При стрельбе отдельных батарей (дивизионов) огонь ведут с предельным режимом (беглый огонь).

В заключение следует отметить, что при организации звукомаскировки желательно, решая задачу за противника, лучше изучать возможное положение фронта развертывания батареи звуковой разведки противника и в зависимости от этого устанавливать тот или иной порядок стрельбы с различных огневых позиций.

Звукомаскировка путем организации временных огневых позиций и выделения кочующих орудий

В оборонительном бою (при малом количестве артиллерии у обороняющегося) в тех случаях, когда необходимо избежать преждевременного обнаружения основных огневых позиций, пользуются временными огневыми позициями и выделяют кочующие орудия. Временные огневые позиции и огневые позиции кочующих орудий обычно удалены от основных позиций не менее чем на 300—500 *м*. С целью введения противника в заблуждение выделяют не отдельные кочующие орудия, а взводы. Орудия взвода выставляются на огневой позиции с интервалом, равным фронту батареи, с таким расчетом, чтобы разброс в отсчетах был такой же, как и при стрельбе батарей.

Для получения координат цели (разрывов снарядов) при сравнительно небольшом числе звуков требуется от 5 до 10 минут. Поэтому на одной и той же временной огневой позиции кочующие орудия не ведут огонь больше чем в течение 10—15 минут, иначе они будут засечены и уничтожены огнем артиллерии противника.

Звукомаскировка орудий большой мощности

Для звукомаскировки орудий большой мощности привлекаются обычно орудия (батареи) более мелкого калибра и минометы. Орудия, предназначенные для маскировки орудий больших калибров, занимают огневые позиции впереди маскируемого орудия и не ближе 300—500 *м* от него.

При расположении маскирующих орудий впереди маскируемого орудия метров на 400 выстрелы из него производят через 1 секунду после выстрела маскирующего орудия. При бóльших удалениях маскирующих орудий расчет времени для выстрелов ведется по формуле

$$t = 3l - 1.$$

Маскирующие орудия, расположенные на флангах недалеко от маскируемых орудий (порядка 300—400 *м*), открывают огонь одновременно с маскируемым орудием.

При маскировке не стрельбой из орудий, а путем подрывов подрывы производятся в таком же порядке, как и выстрелы.

При имитации орудий средних мощностей для каждого подрыва требуется до 2 *кг* взрывчатого вещества, а для имитации мощных систем — до 3—4 *кг*. Подрывы производят не ближе чем в 300—400 *м* от огневой позиции на поверхности земли преимущественно на возвышающихся точках (на пнях, столбах и т. п.), но ни в коем случае не закапывают взрывчатое вещество в землю и не подрывают ВВ в ямах.

Гитлеровцы во второй мировой войне несли большой урон в своей артиллерии и минометах благодаря хорошо организованной

контрбатарейной и контрминометной борьбе с применением средств звуковой разведки с нашей стороны. Недаром в приказе по 38-му армейскому корпусу гитлеровцев было сказано: «Особое внимание обращаю на звукомаскировку батарей; русские очень точно и быстро засекают батареи средствами звуковой разведки». Выполняя подобного рода приказы, гитлеровцы применяли, например, такого рода звукомаскировку.

Перед операцией по прорыву блокады Ленинграда долгое время наша звуковая разведка засекала батарею противника, координаты которой оказывались в середине густого леса. Это вызывало сначала сомнение, так как в этом месте не было ни троп, ни просек, ни полян. К тому же аэрофотоснимки не подтверждали наличия здесь батарей. Но позднее, когда наши войска захватили этот лес, все же нашли там вражескую батарею; она была именно в том месте, на которое указывала звуковая разведка. Для этой батареи гитлеровцы специально вырубили делянку леса, причем деревья были только свалены, сучья же и ветви были оставлены на месте. На аэрофотоснимке это место выглядело как обычный захламленный участок леса и не вызывало никакого подозрения.

Во время наступательной операции одной из армий Ленинградского фронта в августе 1943 г. звуковая разведка все время давала координаты одной огневой позиции противника, находившейся на болоте. По всем данным это болото было непроходимое, топкое и во всяком случае непригодное для установки на нем батареи. И все же при продвижении наших войск вперед там была обнаружена вражеская батарея. При этом оказалось, что гитлеровцы построили на болоте в несколько рядов плоты и на них установили батарею 105-*мм* пушек.

Иногда батарею устанавливали у подножья горы. При таком расположении батареи на звукометрической ленте нашей станции получались искаженные записи. Часто с этой же целью батареи противника располагались внутри какого-либо здания или летом за озером, болотом и т. п.

Гитлеровцы применяли следующий вид звукомаскировки. В створе со стреляющей батареей выставлялось маскирующее орудие, которое вело стрельбу до тех пор, пока его не засекала наша звуковая разведка. Как только по нему начинали вести огонь, орудие немедленно прекращало стрельбу, орудийный расчет уходил в укрытие, и в этот момент открывала огонь основная батарея. Так как орудие находилось в створе на удалении 300 *м* от основных огневых позиций, то разница в координатах, которые получала звуковая разведка, была в пределах трех — четырех срединных ошибок этого вида разведки и зачастую не принималась во внимание. Поэтому стрельбу продолжали вести по маскирующему орудию, а не по основной батарее [1].

---

[1] Примеры взяты из статьи гвардии генерал-лейтенанта артиллерии Жданова Н. Н. См. „Артиллерийский журнал“ № 1 за 1945 г.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ X

1. Какое развертывание подразделения звуковой разведки применяется в период подготовки к наступательному бою?

2. Как производится постановка задачи на развертывание подразделения звуковой разведки, что указывается при постановке задачи и какие задачи ставятся командиру подразделения звуковой разведки?

3. Каково содержание устного приказа на развертывание командира подразделения звуковой разведки и приказаний командира измерительно-вычислительного взвода и командира линейного взвода?

4. В чем заключается работа командира подразделения звуковой разведки перед развертыванием в глубине обороны противника?

5. Каковы особенности развертывания подразделения при обороне?

6. Каковы особенности развертывания подразделения зимой?

7. Каковы особенности развертывания подразделения в горах и в крупных городах?

8. Какие документы ведутся в подразделении звуковой разведки?

9. Какие сведения о цели должен получить командир подразделения в результате изучения разведывательных данных?

10. На основе каких данных делается заключение о точности и надежности засечки данной цели, а также на основании каких данных делается заключение о том, что цель действительная или ложная?

11. По каким признакам следует относить полученные координаты к одной или к разным целям?

12. Какие свойства звуковой разведки используются с целью звукомаскировки?

13. Какие приемы применяются при звукомаскировке путем создания большого числа звуков?

14. Как организуется стрельба с целью звукомаскировки орудий больших калибров?

ГЛАВА XI

СТРЕЛЬБА С ПОМОЩЬЮ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Стрельба с помощью подразделения звуковой разведки основана на возможности звуковой разведки определять по звуку местоположение разрывов снарядов (мин) своей артиллерии.

Определение местоположения разрывов снарядов (мин) производится так же, как и звучащих целей (орудий и минометов противника).

Стрельбу (пристрелку) с помощью подразделения звуковой разведки ведут по звучащим целям, координаты которых определены «точно» или «приближенно». В последнем случае ведут пристрелку с помощью того же подразделения звуковой разведки, которое определило приближенные координаты цели. Более надежных результатов следует ожидать и в том случае, если пристрелка по целям, координаты которых определены точно, будет вестись с помощью того же подразделения, которое определило точные координаты.

Независимо от степени точности определения координат целей разрывы пристрелочных снарядов должны засекаться теми же способами, что и пристреливаемая цель, т. е. без учета каких-либо поправок или же с учетом таковых. Если координаты пристреливаемой цели были определены точно, то и разрывы при пристрелке по этой цели также следует определять точно.

Подразделение звуковой разведки может обслуживать стрельбу дивизионной артиллерии, 82-*мм* минометов, а также орудий и минометов более крупных калибров.

Звуки разрывов снарядов получаются более сильные в тех случаях, когда разрывы происходят в воздухе и чем больше снаряд углубится в землю, тем слабее получается звук. Поэтому при обслуживании стрельбы подразделением звуковой разведки огонь следует вести гранатой (миной) с установкой взрывателя на осколочное действие или гранатой с взрывателем замедленного действия для получения рикошетов. Желательно, чтобы грунт в районе падения снарядов был твердый. При мягком грунте снаряд может глубоко войти в землю и при его разрыве звуковая волна может получиться

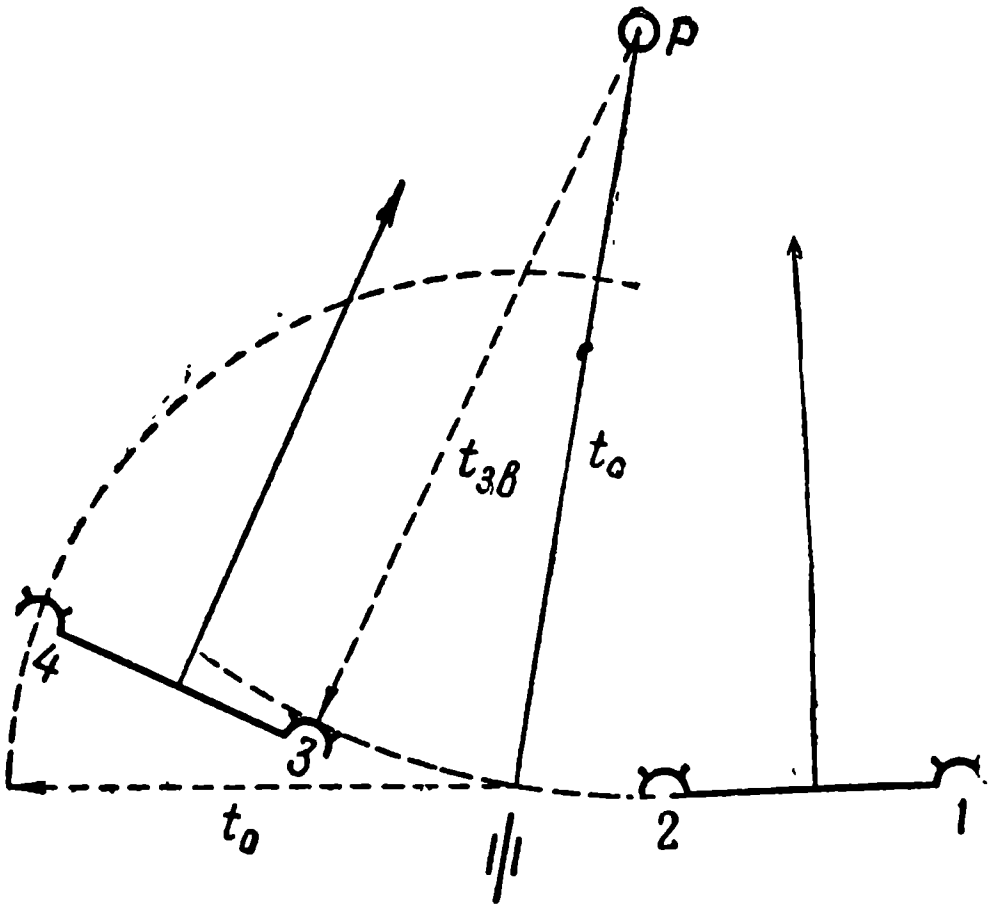


Рис. 167. Схема расчета темпа огня

очень ослабленной. Ввиду этого на болотистой местности следует вести пристрелку бризантной гранатой на воздушных разрывах.

В горных условиях, в особенности при наличии гор, покрытых лесом, слышимость звуков разрывов (выстрелов) значительно понижается; в этих условиях также пристрелку лучше вести бризантной гранатой на воздушных разрывах.

Пристрелку с помощью подразделения звуковой разведки следует вести в определенном темпе, в противном случае звуки последующих выстрелов могут прийти к звукоприемникам одновременно со звуками разрывов снарядов и «сбить» начала записей разрывов.

Во избежание этого каждый последующий пристрелочный выстрел следует давать после того, как звук разрыва предыдущего снаряда пройдет через все звуковые посты.

Темп огня рассчитывается по формуле

$$T = t_c + t_{зв},^1 \qquad (1)$$

где t_c — табличное время полета снаряда;

$t_{зв}$ — время прохождения звуком расстояния от места разрыва снаряда до наиболее удаленного от этого звукового поста.

Пример. Пусть время полета снаряда $t_c = 25$ секундам, а время прохождения звуком расстояния от места разрыва до дальнего звукового поста $t_{зз} = 21$ секунде. Следующий выстрел нужно давать через $T = 25 + 21 = 46$ секундам или с округлением в большую сторону через 50 секунд.

В тех случаях, когда темп огня необходимо усилить, можно применить другой вариант расчета, согласно которому темп огня

$$T = t_c + t_{зв} - t_0, \qquad (2)$$

где $t_{зв}$ — время прохождения звуком расстояния от места разрыва снаряда до ближайшего к этому месту звукового поста (рис. 167);

t_0 — время прохождения звуком расстояния от орудия до наиболее удаленного от него звукового поста.

Пример. Пусть $t_c = 25$ секундам, $t_{зв} = 20$ секундам и $t_0 = 14$ секундам, тогда $T = 25 + 20 - 14 = 31$ секунде.

Таким образом, при темпе огня через 10 секунд выстрел можно за 30 секунд дать три выстрела.

---

[1] При расчете темпа огня можно считать, что звук проходит 1 *км* за 3 секунды и тогда $t_{зв} = 3Д$, где $Д$ — дальность до цели (репера) в километрах от наиболее удаленного звукового поста. В этом случае $T = t_c + 3Д$.

Пристрелка, как правило, ведется при помощи двух крайних акустических баз. При этом необходимо иметь в виду, что разрывы следует засекать при помощи тех двух баз, которыми пользовались для определения координат пристреливаемой цели.

Пристрелка начинается одним выстрелом. Определив отклонения разрыва от цели, подразделение звуковой разведки передает их стреляющему; если же разрыв был засечен ненадежно, то сообщают об этом стреляющему, и тогда он повторяет выстрел. После введения стреляющим корректур выпускают группу в четыре снаряда.

При переносе огня от звукового репера координаты репера и цели также следует определять по данным одних и тех же акустических баз.

Времени на пристрелку с помощью подразделения звуковой разведки требуется раза в два больше, чем при пристрелке с помощью оптических средств.

Одним из условий, обеспечивающих надежность пристрелки с помощью подразделения звуковой разведки, является установление прямой связи между огневым подразделением и центральным пунктом подразделения.

Желательно также, чтобы командир огневого дивизиона (батареи) и командир подразделения звуковой разведки перед стрельбой имели личное общение, личную договоренность о способах пристрелки.

§ 2. ПРИСТРЕЛКА НЕПОСРЕДСТВЕННО ПО ЦЕЛИ

Пристрелка непосредственно по цели позволяет определить установки для стрельбы на поражение более точно, но при этом нарушается внезапность поражения, кроме того, для пристрелки по цели требуется много времени. Это является основным недостатком такого вида стрельбы с помощью подразделения звуковой разведки.

Рассмотрим сначала пристрелку цели, координаты которой определены приближенно.

При пристрелке по цели (при переносе огня от звукового репера) **ошибки при засечке самой цели, а также ошибки при засечке разрывов должны быть одинаковы.** Это одно из основных условий надежного поражения целей. Поэтому пристрелка по цели должна производиться с помощью того же подразделения звуковой разведки, которым была засечена пристреливаемая цель, при том же расположении звуковых постов, при одних и тех же метеорологических условиях или при изменениях метеорологических элементов, не превышающих допустимых пределов (см. стр. 213). Следовательно, пристрелку по цели надо производить по возможности немедленно после ее засечки.

При пристрелке по цели засечка самой цели и пристрелочных групп разрывов должна производиться с учетом соответствующих поправок или же без таковых, т. е. непосредственно по $\sin \alpha$. При

большой разности в дальностях до целей и до разрывов вводится поправка на удаление.

При соблюдении всех указанных условий ошибки засечки цели и ошибки засечки разрывов в процессе пристрелки будут взаимно компенсированы, и равенство отчетов по цели или равенство синусов углов α будет свидетельствовать о том, что снаряды ложатся по цели.

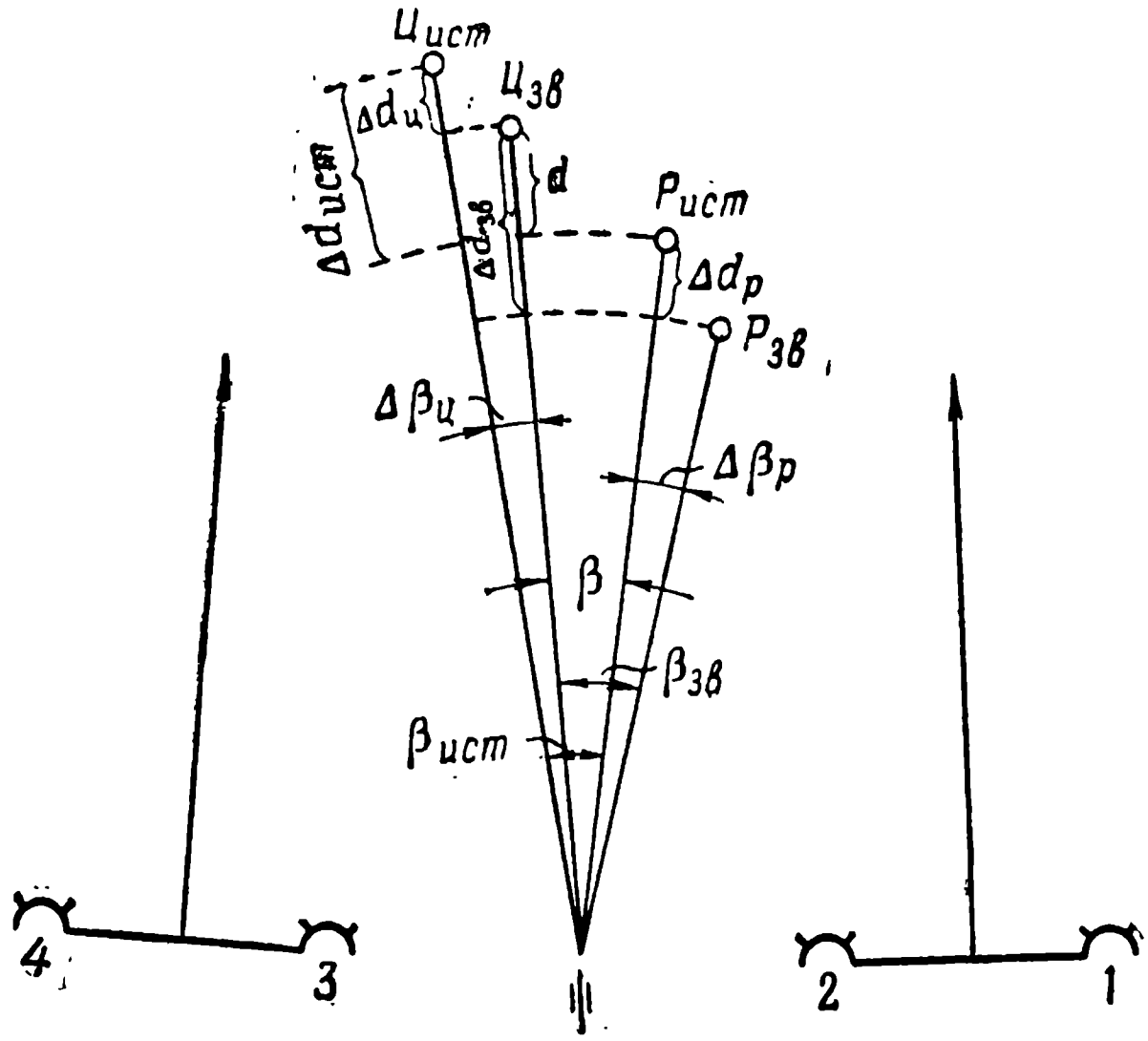


Рис. 168. Относительное расположение цели и разрыва при засечке их с одинаковой ошибкой

Поясним сказанное, пользуясь рис. 168. Пусть на пристрелочном планшете цель $Ц_{зв}$ нанесена на планшет по данным звуковой разведки, а $Ц_{ист}$ — истинное положение цели, которое нам неизвестно. В этом случае ошибка засечки по направлению будет равна $\Delta\beta_ц$, а по дальности $\Delta d_ц$.

Пусть теперь при пристрелке по цели $Ц_{зв}$ снаряды легли в точку $Р_{ист}$. По данным звуковой разведки место падения снарядов будет определено с той же ошибкой, что и цель, т. е. по направлению с угловой ошибкой $\Delta\beta_р = \Delta\beta_ц$ и по дальности с ошибкой $\Delta d_р = \Delta d_ц$. На планшете место падения снарядов получим в точке $Р_{зв}$.

Отклонения разрывов $Р_{зв}$ от $Ц_{зв}$ по направлению равно $\beta_{зв} = \beta + \Delta\beta_р$ и по дальности $\Delta d_{зв} = d + \Delta d_р$. Отклонения эти соответственно равны отклонениям разрывов $Р_{ист}$ от цели $Ц_{ист}$, т. е. $\beta_{зв} = \beta + \Delta\beta_р = \beta_{ист} = \beta + \Delta\beta_ц$ и $\Delta d_{зв} = d + \Delta d_р = \Delta d_{ист} = d + \Delta d_ц$.

Следовательно, если ввести корректуру на величину отклонений $\beta_{зв}$ и $\Delta d_{зв}$ и произвести выстрелы, то разрывы будут ложиться по цели и отсчеты по цели будут равны отсчетам по разрывам. По-

следнее обстоятельство служит доказательством того, что снаряды ложатся по цели.

При разных значениях ошибок, получаемых при засечке цели и при засечке разрывов, ошибки эти в процессе пристрелки не исключаются, и, если отсчеты по разрывам будут равны отсчетам по цели, это еще не значит, что снаряды ложатся по цели.

Поэтому при различных ошибках при засечке цели и разрывов равенство отсчетов не служит доказательством того, что снаряды ложатся по цели.

Пристрелку непосредственно по цели производят по пристрелочному планшету подразделения звуковой разведки, при помощи счислителя или расчетным способом. При получении «точных» координат какой-либо цели пристрелка может производиться с помощью другого подразделения звуковой разведки и через какой угодно промежуток времени после засечки цели независимо от изменения метеорологических элементов, при условии, что это подразделение может получать точные координаты разрывов (цели).

Пристрелка по пристрелочному планшету

Обслуживание стрельбы подразделением звуковой разведки не освобождает последнюю от разведывательной работы. Поэтому при обслуживании стрельбы параллельно с планшетом засечек ведется пристрелочный планшет.

Подготовка пристрелочного планшета производится так же, как и планшета засечек (рис. 169).

При получении задачи на пристрелку наносят на пристрелочный планшет цель, огневую позицию батареи, стрельбу которой обслуживают, прочерчивают линию ОП — цель и радиусом, равным 10 (по хордоугломеру), строят дугу с центром в точке стояния огневой позиции для измерения боковых отклонений по хордоугломеру. Координаты огневой позиции получают от командира батареи.

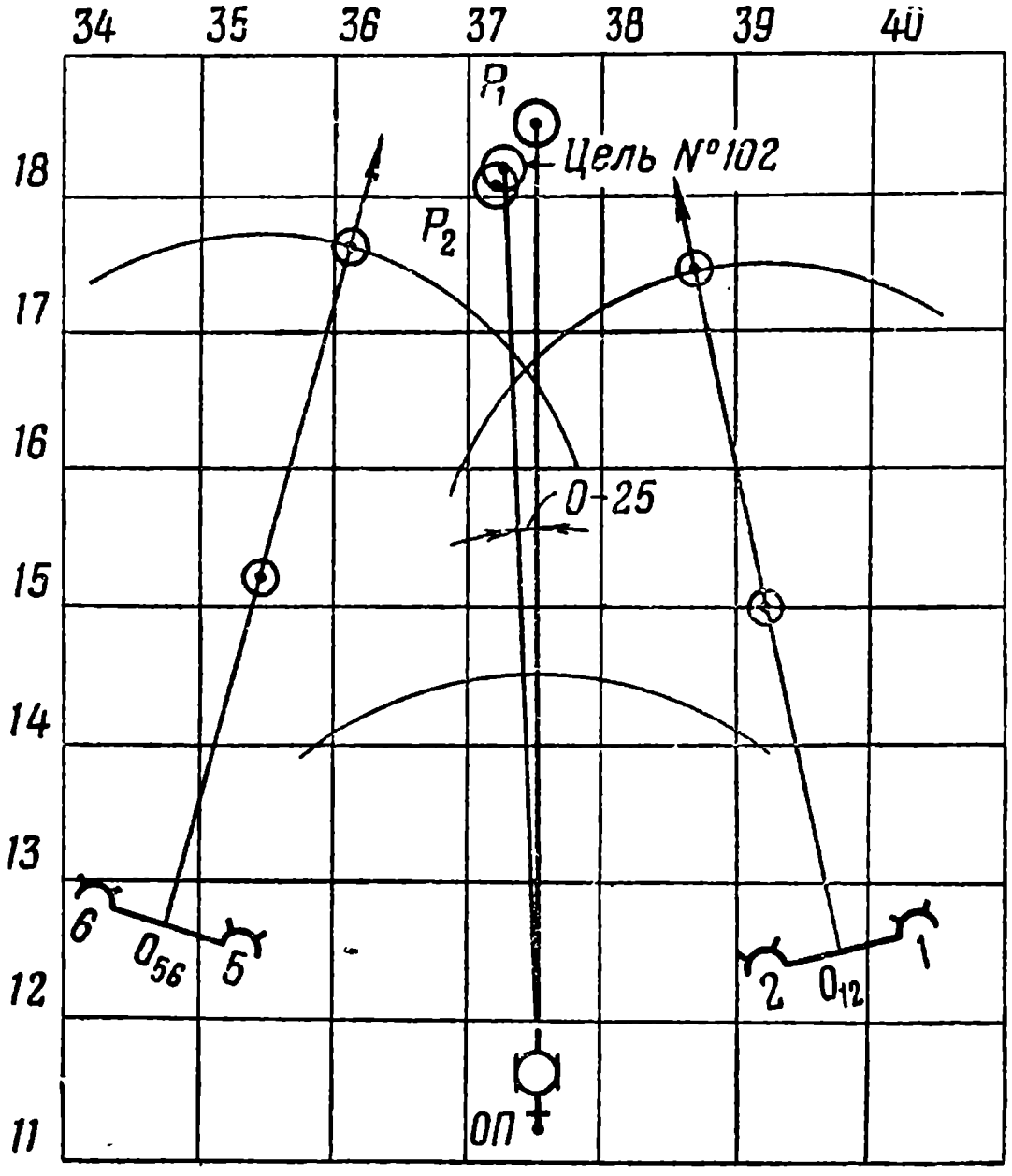


Рис. 169. Измерения отклонений по планшету подразделения звуковой разведки

Засечку разрывов ведут при помощи двух акустических баз.

На пристрелочный планшет наносят цель по величинам синусов углов α. При засечке цели с помощью трех акустических баз цель наносят на пристрелочный планшет по двум крайним акустическим базам.

Стреляющему командиру при засечке цели с помощью трех акустических баз передают координаты ее, снятые по центру треугольника погрешности.

Темп огня рассчитывает командир подразделения звуковой разведки по формуле (1) или по формуле (2), о чем должна быть договоренность с командиром огневой батареи.

По получении координат цели командир стреляющей батареи рассчитывает установки для открытия огня и по готовности подразделения звуковой разведки дает один выстрел.

Подразделение звуковой разведки засекает разрыв снаряда, затем наносит его на планшет, измеряет отклонение от цели по направлению в делениях угломера и по дальности в метрах и передает их на огневую батарею. Командир огневой батареи, получив отклонения, вводит корректуру в угломер и прицел и дает группу в четыре выстрела с темпом огня, указанным командиром подразделения звуковой разведки. Подразделение звуковой разведки засекает разрывы и определяет отклонение центра группы разрывов по цели. Если при этом не все разрывы были засечены, то по требованию командира подразделения звуковой разведки командир стреляющей батареи продолжает огонь до получения четырех отсчетов с каждой базы.

Получив от подразделения звуковой разведки отклонения от цели центра группы в четыре разрыва, командир огневой батареи определяет корректуры, вводит их в установки и переходит на поражение.

Если отклонение первого разрыва определено ненадежно, то на исправленных установках снова дают выстрел и, введя корректуры, переходят к группе.

Пример на пристрелку по планшету

Предположим, что батарее 152-*мм* гаубиц («Волга») для обслуживания стрельбы придано подразделение звуковой разведки («Дон»).

Командир батареи получил приказание от командира дивизиона пристрелять цель № 102 (батарея противника), засеченную подразделением звуковой разведки («Дон»). Координаты цели: $x = 18160$ и $y = 37175$ (см. рис. 169).

Определив исходные установки для стрельбы по цели № 102, командир батареи передает «Дону»:

«Дон», по планшету пристрелять цель 102, координаты цели: x = 18 160, y = 37 175, координаты огневой позиции: x = 11 690, y = 37 510, калибр 152, взрыватель осколочный, полетное время 21 секунда; доложить темп огня и готовность».

Согласно полученным координатам наносят на заранее подготовленный пристрелочный планшет огневую позицию (см. рис. 169) и командир подразделения звуковой разведки приказывает начальнику поста предупреждения: **«Подготовиться к наблюдению за разрывами по цели 102 в районе рощи «Огурец», калибр 152».**

По готовности подразделения звуковой разведки его командир докладывает стреляющему: **«Волга», темп огня 40 секунд; «Дон» готов».**

Командир батареи «Дону»: **«Наблюдать один разрыв».** После выстрела «Волга» предупреждает «Дон» словом «Выстрел».

Командир подразделения звуковой разведки приказывает начальнику поста предупреждения: **«Наблюдать разрыв по цели 102»,** а телефонисту на центральном пункте приказывает передать на пост предупреждения: **«Выстрел».** После засечки разрыва «Дон» докладывает командиру батареи: **«Волга», разрыв засечен».**

Затем в подразделении звуковой разведки наносят на планшет положение разрыва P_1 и определяют его отклонения от цели по направлению в делениях угломера и по дальности в метрах. Полученные отклонения командир подразделения звуковой разведки передает стреляющему: **«Волга», вправо 25, перелет 240».**

Введя корректуры в установки угломера и прицела, командир батареи передает «Дону»: **«Дон», наблюдать четыре разрыва, 40 секунд выстрел».** После каждого выстрела предупреждает «Дон» словом «Выстрел».

Командир подразделения звуковой разведки приказывает начальнику поста предупреждения: **«Наблюдать четыре разрыва, 40 секунд выстрел».** По засечке этих четырех разрывов «Дон» передает «Волге»: **«Волга», засечено четыре разрыва».** На планшете получают центр группирования в точке P_2. После этого «Дон» передает «Волге»: **«Волга», влево 2, недолет 75».** На этом пристрелку заканчивают и переходят на поражение цели согласно Правилам стрельбы.

Пристрелка при помощи счислителя

Пристрелка при помощи счислителя подразделением звуковой разведки ничем по существу не отличается от обычной пристрелки с помощью пунктов сопряженного наблюдения. Разница только в том, что при подготовке счислителя вместо точек стояния пунктов сопряженного наблюдения используют центры крайних акустических баз. Подготовка счислителя и работа на нем производятся командиром стреляющей батареи. Командир подразделения звуковой разведки, получив задачу на пристрелку, передает командиру стреляющей батареи координаты центров крайних акустических баз и темп огня и дает соответствующие указания посту предупреждения и вычислительному взводу относительно засечки разрывов по указанной цели. Командир стреляющей батареи подготовляет счислитель и приступает к пристрелке, предупреждая подразделение

звуковой разведки о каждом выстреле. Командир подразделения звуковой разведки при обслуживании стрельбы с счислителем передает командиру стреляющей батареи отклонения центра группы разрывов от цели с каждой крайней базы.

Порядок пристрелки при помощи счислителя такой же, как и при пристрелке по планшету.

Отклонения в данном случае следовало бы определять и передавать на огневую позицию в делениях угломера. Но для простоты расчета отклонения определяют в единицах синуса как разность между синусом угла α по центру группы разрывов и синусом угла α по цели, т. е. определяют

$$\Delta \sin \alpha = \sin \alpha_{р} - \sin \alpha_{ц}. \qquad (3)$$

Значение синусов угла α по цели снимают с планшета так же, как и для репера при учете систематической ошибки (см. § 5 главы VIII) или берут из бланка обработки отсчетов.

Вычитание производится алгебраически, и знак разности будет показывать направление отклонения, т. е. если $\Delta\tau$ будет с плюсом, то центр группы отклонился вправо, а если с минусом, то влево. Так как величины отклонений невелики, то замена угловых величин величинами синусов не вызывает больших ошибок в определении отклонений. Действительно отклонения центра группирования последней пристрелочной группы от цели обычно не превышают 10 делений угломера. При таких отклонениях ошибка, получающаяся вследствие замены угловых величин величинами синусов, будет не более одного деления угломера.

Возьмем для примера синус угла α по цели $\sin \alpha_{ц} = 0{,}455$ и синус угла по разрывам $\sin \alpha_{р} = 0{,}465$. Величина отклонения в единицах синуса угла α получается $\Delta\tau = 0{,}010$. Величине $\sin \alpha = 0{,}455$ соответствует угол $\alpha = 4\text{-}51$ и величине $\sin \alpha = 0{,}465$ соответствует угол $\alpha = 4\text{-}62$. Величина отклонения в угловых величинах получается $\Delta\alpha = 0\text{-}11$. Следовательно, при работе по синусам будет передано на огневую батарею «Вправо 10», в то время как в действительности надо передать: «Вправо 11», т. е. получается ошибка, равная одному делению угломера.

Таким образом, получив значение $\Delta\tau$ с каждой базы, передают на огневую позицию: «Правый вправо (влево) 00, левый вправо (влево) 00» и т. д.

Пристрелка расчетным способом

При определении корректур расчетным способом принимают центр одной из крайних акустических баз, расположенных ближе к плоскости стрельбы, за наблюдательный пункт стреляющего и рассчитывают для этого пункта *Ку* и *Шу*.

Дальнейший порядок пристрелки такой же, как и при пристрелке с сопряженным наблюдением.

Особенности пристрелки при топографической привязке звуковых постов по карте

При топографической привязке звуковых постов по карте ошибки в определении координат целей и разрывов будут велики. Но при пристрелке отклонения центра последней группы разрывов от цели вообще малы, в особенности при работе на коротких базах. Вследствие этого ошибки при засечке цели и при засечке последней группы разрывов будут примерно одинаковые. Из этого следует, что пристрелка при топографической привязке звуковых постов по карте возможна и что результаты ее могут быть вполне удовлетворительными. Правда, первый разрыв в этом случае может лечь далеко от цели, но это не должно отражаться на дальнейшем ходе пристрелки, так как последующая группа разрывов после корректирования установок должна лечь вблизи нее.

Если будет известно, что ошибки засечек подразделения звуковой разведки вообще велики, и если известен район цели, то во избежание большого отклонения разрывов первой пристрелочной группы расчет исходных установок при пристрелке можно производить по какой-либо точке предполагаемого района цели. Отклонения разрывов в этом случае могут быть меньше, чем в том случае, когда первый выстрел будет произведен на установках, рассчитанных согласно звуковым координатам.

§ 3. ПЕРЕНОС ОГНЯ ОТ ЗВУКОВОГО РЕПЕРА

Звуковые реперы могут быть наземные и воздушные. Наземный репер может быть наблюдаемым и ненаблюдаемым. Воздушный репер должен быть обязательно наблюдаемым, чтобы было возможно определить его высоту.

О создании звукового репера было сказано в § 5 главы VIII.

Перенос огня от звукового репера обеспечивает внезапность и быстроту поражения цели.

При переносе огня от звукового репера так же, как и при пристрелке по цели, ошибки засечки репера и цели должны быть одинаковы. Поэтому при получении приближенных координат репера и цели засечка их должна производиться одним и тем же подразделением звуковой разведки и при одних и тех же (примерно) метеорологических условиях, и во всяком случае изменение метеорологических элементов с момента засечки цели до момента засечки репера не должно превышать пределов, указанных на стр. 213 [1].

---

[1] Это положение остается справедливым в тех случаях, когда цель и звуковой репер (пристрелочная группа разрывов при пристрелке по цели) засечены без учета метеорологических элементов. Если цель и репер (при пристрелке пристрелочная группа разрывов) засечены с учетом распределения метеорологических элементов по высоте, то засечку репера (пристрелку) можно производить через какой угодно промежуток времени после засечки цели, если она засечена раньше создания звукового репера, или через какой угодно промежуток времени после засечки звукового репера, если он создан раньше засечки цели.

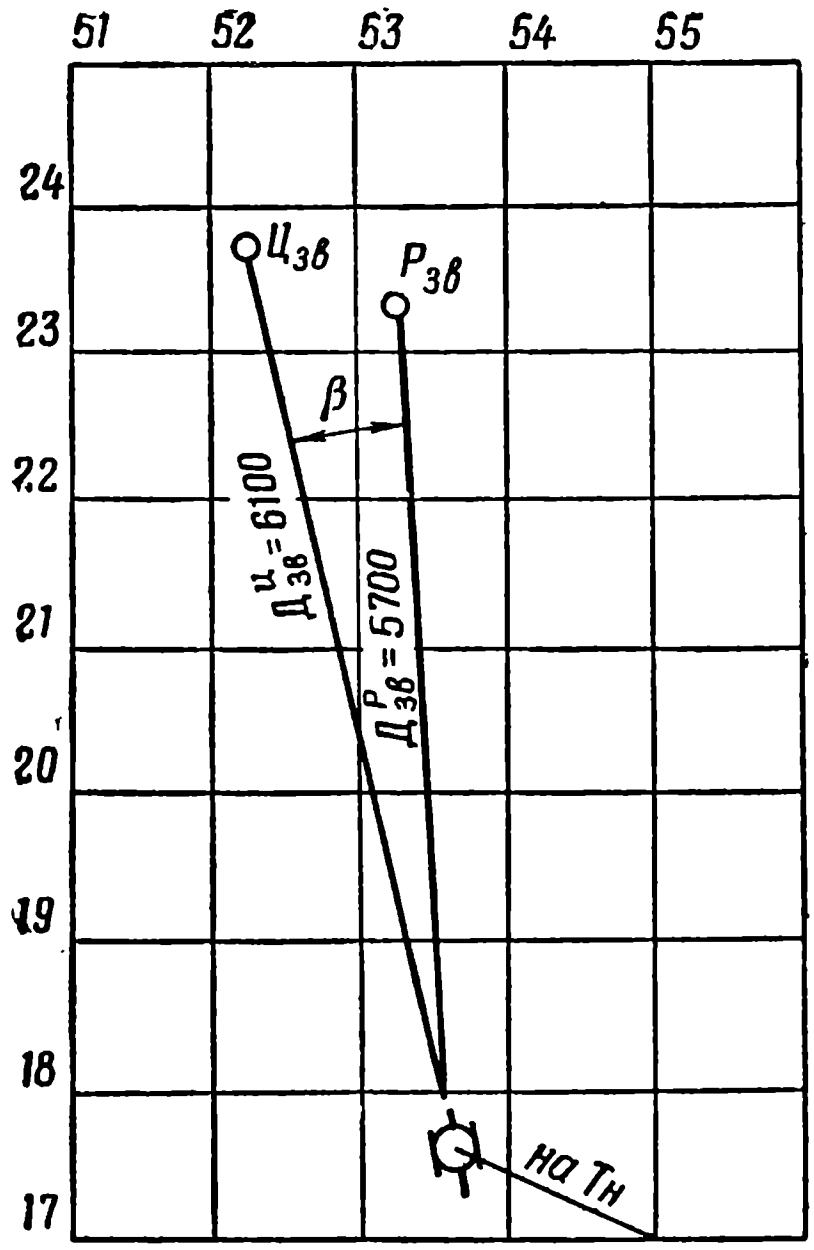


Рис. 170. Измерение отклонения разрыва от звукового репёра по огневому планшету

При создании звукового репера засечка его производится с учетом тех же поправок в синусы углов α, которые принимались во внимание при засечке цели. Если цель засекалась с учетом систематической ошибки, то и репер необходимо засекать также с учетом систематической ошибки. Короче говоря, репер и цель во всех случаях должны быть засечены и нанесены на планшет одними и теми же способами и с одними и теми же поправками в синусы углов α.

Координаты реперов и цели по данным звуковой разведки наносятся на планшет управления огнем (огневой планшет), по которому и рассчитывают установки для переноса огня.

Следует отметить, что координаты звукового репера вследствие ошибок, получающихся при производстве засечки звуковой разведкой, обычно не совпадают с топографическими координатами этого репера. Но это не должно влиять на ход стрельбы, так как ошибки при засечке репера равны ошибкам при засечке цели. Разность в направлениях (угол β на рис. 170) и разность в дальностях между положениями репера и цели, засеченными по звуку, будут такие же, как и между действительными положениями репера и цели.

Пределы переноса огня от звукового репера берутся равными 2 *км* по дальности и 3-00 по направлению.

Подразделение звуковой разведки может быть привлечено к контролю стрельбы на поражение. В этом случае дают основным орудием батареи четыре выстрела с темпом, указанным командиром подразделения звуковой разведки. После засечки разрывов определяется отклонение центра группирования разрывов от цели (репера) и передается командиру батареи.

§ 4. СТРЕЛЬБА НА ПОРАЖЕНИЕ ПО ЦЕЛЯМ ЧЕРЕЗ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ПРОМЕЖУТОК ВРЕМЕНИ ПОСЛЕ ИХ ЗАСЕЧКИ

Если при засечке целей получены «точные» координаты, то стрельбу на поражение по таким целям можно вести через какой угодно промежуток времени без обслуживания этой стрельбы средствами звуковой разведки.

Значительным промежутком времени будем называть такой промежуток, в течение которого происходят изменения метеорологических элементов, превышающих пределы, указанные на стр. 213.

Если при засечке целей получены приближенные координаты, то стрельба через значительный промежуток времени после их засечки без каких-либо дополнительных приемов невозможна. Такими дополнительными приемами [1] будут:

1) создание звукового репера в районе целей с последующим отмечанием и контролем по действительному или фиктивному реперу (наземному или воздушному);

2) перерасчет метеорологических и баллистических поправок.

Создание звукового репера с последующим отмечанием и контролем имеет смысл только в том случае, если невозможно по каким-либо причинам определить координаты репера (действительного или фиктивного). Если же координаты какого-либо действительного репера в районе целей могут быть известны, то следует воспользоваться этим репером для определения и исключения систематической ошибки и давать в дальнейшем точные координаты цели. Если пункты оптической разведки, с помощью которых засекается положение фиктивного репера при отмечании, привязаны на полной топографической основе, значит координаты фиктивного репера могут быть определены. В этом случае также надо определять и исключать систематическую ошибку.

Таким образом, первый прием имеет очень ограниченное применение, т. е. его применяют только при отсутствии средств оптической разведки или в тех случаях, когда не произведена привязка их наблюдательных пунктов на полной топографической основе.

При его применении в обычном порядке создают звуковой репер, т. е. на одних и тех же установках дают группу в четыре — шесть выстрелов [2], рассчитывают данные для переноса огня и производят отмечание по какому-либо реперу, а перед переходом к стрельбе на поражение производят контроль стрельбы.

§ 5. ВЕДЕНИЕ ОГНЯ ДИВИЗИОНОМ ПО ЦЕЛЯМ, КООРДИНАТЫ КОТОРЫХ ОПРЕДЕЛЕНЫ ПРИБЛИЖЕННО

Установки для стрельбы на поражение при стрельбе дивизионом могут определяться пристрелкой непосредственно по цели или переносом огня от звукового репера.

Пристрелка непосредственно по цели

Для пристрелки непосредственно по цели при стрельбе дивизионом требуется очень много времени (несколько десятков минут). За это время цель может переменить огневую позицию. Поэтому при-

---

[1] Эти дополнительные приемы применяют и для возобновления огня по пристрелянной ранее цели.

[2] Для получения четырех наземных разрывов или шести воздушных.

стрелка по цели дивизионом возможна только в тех случаях, когда известно, что цель не может быстро сменить огневую позицию.

При стрельбе дивизионом последовательно пристреливается каждая батарея в отдельности. При пристрелке по планшету наносятся на пристрелочный планшет подразделения звуковой разведки огневые позиции всех батарей дивизиона. Одна батарея назначается основной. Обычно основной назначается та батарея, огневая позиция которой является средней. Пусть в нашем случае основной батареей будет вторая. Пристрелка проводится в следующем порядке. Командир стреляющего дивизиона вызывает к телефону командиров батарей и командира подразделения звуковой разведки и ставит им задачу на пристрелку. «Командирам первой, второй и третьей батарей, командиру подразделения звуковой разведки пристрелять цель № 102 — батарея противника. Отклонения определять по пристрелочному планшету подразделения звуковой разведки и передавать по телефону на мой наблюдательный пункт. Начало пристрелки второй батареи в 20.00, первой в 20.20 и третьей в 20.40. Огневой налет по моей команде. Связь с наблюдательным пунктом через коммутатор штаба дивизиона».

В дальнейшем пристрелка второй батареи производится, как это было изложено в § 2 настоящей главы.

Для ускорения пристрелки первой и третьей батарей исходные установки для них рассчитываются с учетом разницы между исходными установками и пристрелянными данными второй батареи.

В дальнейшем стрельба дивизиона на поражение по другим целям будет вестись путем переноса огня от пристрелянной цели (№ 102), как от репера.

Для возобновления огня по той же цели через значительный промежуток времени основная батарея после окончания огневого налета (окончания стрельбы) производит отмечание, а перед возобновлением огня — контроль стрельбы. Найденную корректуру дальности и направления принимают как пристрелянную по реперу поправку для всех батарей дивизиона.

Заметим, что и в данном случае, если координаты репера, по которому производится отмечание, будут известны, необходимо определить и исключить систематическую ошибку, если, конечно, репер будет в районе целей.

Перенос огня от звукового репера

Наиболее эффективным методом ведения огня дивизионом по целям, засеченным звуковой разведкой, является перенос огня от звукового репера, причем для всех батарей дивизиона создается один звуковой репер. Но прежде чем создавать звуковой репер, все батареи дивизиона необходимо сострелять по общему дивизионному реперу, если это не было сделано раньше. Кроме того, веер в каждой батарее также должен быть сострелян. Координаты репера могут быть и неизвестны. После сострела по общему дивизионному реперу батарея, принятая за основную, создает звуковой репер, т. е.

дает на пристрелянных установках по данному дивизионному реперу группу в четыре выстрела. Разрывы засекает подразделение звуковой разведки и координаты центра группирования их передает в штаб дивизиона.

На огневые планшеты батарей дивизиона наносят цель и репер и определяют данные для переноса огня по цели от звукового репера.

Поясним изложенное следующим примером.

Пусть командир дивизиона выбрал общий дивизионный репер — перекресток дорог (рис. 171). Подразделение звуковой разведки засекло цель с учетом наземных метеорологических элементов и передало в штаб дивизиона координаты $x = 17100$, $y = 47600$. Посты звуковой разведки и огневые позиции привязаны на полной топографической основе.

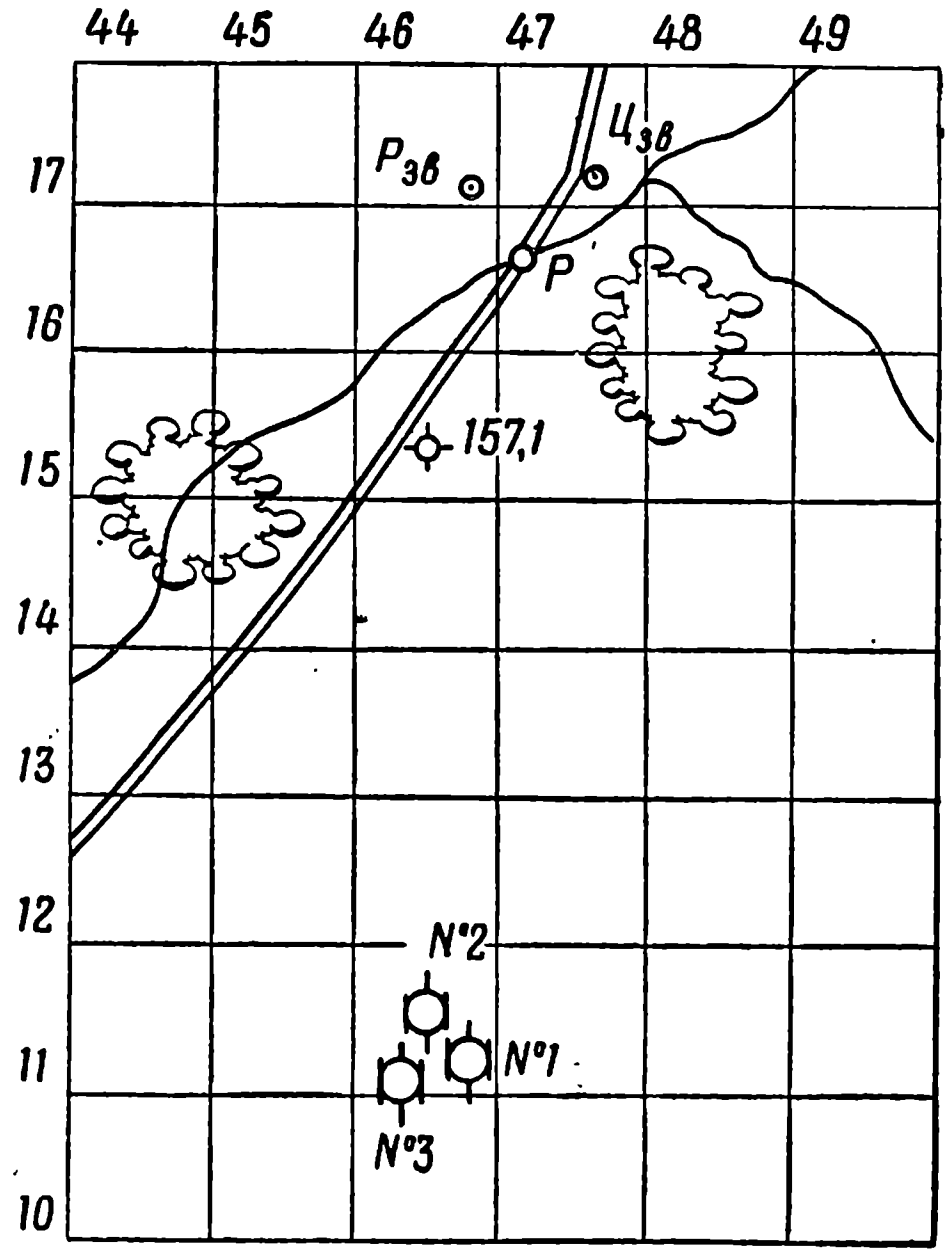


Рис. 171. Перенос огня от звукового репера дивизионом

Порядок сострела дивизиона установлен такой: сначала пристреливает репер первая батарея, затем третья и, наконец, вторая. Пристрелку производят без перерыва, для того чтобы сострелять батареи дивизиона в одинаковых метеорологических условиях. После сострела батарей дивизиона получили следующие пристрелянные дальности: в первой $Д_п^Р = 5500$, во второй $Д_п^Р = 5300$ и в третьей $Д_п^Р = 5600$.

Командир дивизиона приказал командиру второй (подручной) батареи создать звуковой репер на пристрелянных установках, а командиру подразделения звуковой разведки засечь звуковой репер и определить его координаты.

Командир второй батареи, получив приказание создать звуковой репер и договорившись с командиром подразделения звуковой разведки, сразу же после окончания пристрелки репера, не изменяя установок, дает группу в четыре выстрела.Подразделение звуковой разведки засекло все четыре разрыва и по среднему отсчету с каждой базы определило координаты центра группирования: $x = 17100$, $y = 46\,860$, которые и переданы в штаб дивизиона. Штаб дивизиона в свою очередь передал эти координаты, а также и координаты цели во все батареи.

Командиры батарей, получив координаты, наносят на свои огневые планшеты звуковой репер и цель. На эти же планшеты они на-

носят и свои огневые позиции и определяют (по планшету) дальности до звукового репера и до цели. Пусть эти дальности оказались:

— для первой батареи $Д^{Р}_{зв} = 5\,900$ *м*, $Д^{ц}_{зв} = 6\,000$ *м*;

— для второй батареи $Д^{Р}_{зв} = 5\,700$ *м*, $Д^{ц}_{зв} = 5\,780$ *м*;

— для третьей батареи $Д^{Р}_{зв} = 6\,100$ *м*, $Д^{ц}_{зв} = 6\,200$ *м*.

Заметим, что координаты звукового репера, определяемые подразделением звуковой разведки, не совпадают с координатами перекрестка дорог (см. рис. 171), но этим смущаться не следует.

Разность дальностей до цели, засеченной по звуку, и до звукового репера для каждой батареи меньше 300 *м*, поэтому огонь переносят упрощенным способом. Дальности до цели для стрельбы на поражение будут: для первой батареи $Д_{и} = 5\,600$ *м*, для второй батареи — 5 380 *м* и для третьей — 5 700 *м*.

Далее определяют угол переноса, учитывая при этом разность дериваций для репера и для цели и определяют установку уровня по цели с поправкой угла прицеливания на угол места цели.

С целью контроля стрельбы на поражение огонь на цель переносит сначала подручная батарея группой в четыре выстрела. Подразделение звуковой разведки засекает эту группу и координаты центра группирования ее передает командиру стреляющей батареи, который, если это необходимо, вводит корректуру и передает величину ее по дальности и по направлению во все батареи. Затем батареи с учетом этой корректуры самостоятельно или по команде командира дивизиона производят огневой налет всем дивизионом.

Заметим, что все расчетные работы по определению исходных установок для стрельбы на поражение можно вести в штабе дивизиона на одном приборе управления огнем. При переходе на поражение через значительный промежуток времени после пристрелки звукового репера отмечание и контроль производит одна подручная батарея, как это указано в предыдущем разделе, и данные контроля передаются остальным батареям дивизиона.

§ 6. СТРЕЛЬБА ПО НЕЗВУЧАЩИМ ЦЕЛЯМ

Пристрелку незвучащей цели при помощи звуковой разведки производят только в тех случаях, когда пристрелка ее другими способами невозможна.

Координаты незвучащей цели должны быть определены точно, например, по фотоснимку, оптической разведкой или какими-либо другими средствами. Такими целями могут быть переправы, мосты, штабы и т. п.

Пристрелка по незвучащей цели производится так же, как и по звучащей, но только в данном случае положение разрывов должно определяться точно. В этом случае будет соблюдено то условие, что ошибки при засечке цели и разрывов будут одинаковые,

О возможности применения звуковой разведки для обслуживания стрельбы по незвучащим целям говорит, например, следующий случай, происшедший в подразделении капитана Белоуса. 8 сентября 1942 г. в бою под Сычевкой на Западном фронте одной нашей батарее было дано ответственное задание — разрушить ненаблюдаемый объект противника (железнодорожный мост) при помощи звуковой разведки. Координаты моста определили по карте и систематическую ошибку исключили в результате пристрелки звукового репера, засеченного взводом оптической разведки. Задача была успешно выполнена батареей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ XI

1. Каковы достоинства и недостатки пристрелки непосредственно по цели и переноса огня от звукового репера?
2. Из каких орудий ведется стрельба при обслуживании ее средствами звуковой разведки?
3. В каких случаях применяют воздушные разрывы при стрельбе с помощью звуковой разведки?
4. Как рассчитывается темп огня при стрельбе с помощью звуковой разведки?
5. Почему при работе со счислителем отклонения измеряются в единицах синуса, а передаются на огневую позицию в делениях угломера?
6. Какому требованию должны удовлетворять ошибки при засечке цели и разрывов (репера) при стрельбе с помощью звуковой разведки?
7. Как производится пристрелка с помощью звуковой разведки?
8. Какие данные передаются командиром подразделения звуковой разведки командиру стреляющей батареи и какие данные получает командир звукового подразделения от командира стреляющей батареи?
9. В чем заключается подготовка пристрелочного планшета?
10. Каковы особенности стрельбы по незвучащим целям?

ТАБЛИЦА СКОРОСТИ ЗВУКА В *м/сек*

t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C
—40°	306	—30°	312	—20°	319	—10°	325	+1°	332	+11°	338	+21°	343	+31°	349	+41°	355
39	306	29	313	19	319	9	325	2	332	12	338	22	344	32	350	42	355
38	307	28	313	18	320	8	326	3	333	13	339	23	345	33	350	43	356
37	308	27	314	17	320	7	327	4	333	14	339	24	345	34	351	44	357
36	308	26	315	16	321	6	327	5	334	15	340	25	346	35	351	45	357
35	309	25	315	15	322	5	328	6	335	16	341	26	346	36	352	46	358
34	310	24	316	14	322	4	328	7	335	17	341	27	347	37	353	47	358
33	310	23	317	13	323	3	329	8	336	18	342	28	347	38	353	48	359
32	311	22	317	12	324	2	330	9	336	19	342	29	348	39	354	49	359
31	312	21	318	11	324	1	330	10	337	20	343	30	349	40	354	50	360
						0	331										

Приложение 2

ТАБЛИЦА ПОПРАВОК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Температура в градусах	Поправка в градусах	Температура в градусах	Поправка в градусах	Температура в градусах	Поправка в градусах
—20	0,0	+11	+0,7	+26	+1,9
—15	+0,1	12	+0,7	27	+2,0
—10	+0,1	13	+0,8	28	+2,2
— 5	+0,2	14	+0,9	29	+2,3
0	+0,3	15	+0,9	30	+2,4
+ 1	+0,3	16	+1,0	31	+2,6
2	+0,4	17	+1,1	32	+2,7
3	+0,4	18	+1,1	33	+2,9
4	+0,4	19	+1,2	34	+3,1
5	+0,5	20	+1,3	35	+3,3
6	+0,5	21	+1,4	36	+3,5
7	+0,5	22	+1,5	37	+3,7
8	+0,6	23	+1,6	38	+3,9
9	+0,6	24	+1,7	39	+4,1
10	+0,6	25	+1,8	40	+4,4

Примечание. Поправки берутся всегда со знаком плюс.

Приложение 3

ТАБЛИЦА ПОПРАВОК НА УДАЛЕНИЕ ($\Delta\tau_\eta$)

η \ $\sin\alpha$ (в тыс.)	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800
1,0	6	12	18	24	29	34	42	47	48	45	36
1,2	4	9	13	17	20	24	29	33	33	30	24
1,4	3	7	9	12	15	18	21	24	24	22	18
1,6	3	5	8	10	12	14	17	18	18	17	13
1,8	2	4	6	8	10	11	13	14	15	14	11
2,0	2	3	5	6	7	9	11	12	12	11	9
2,5	1	2	3	4	5	6	7	8	8	7	7
3,0	1	1	2	3	3	4	5	5	5	5	4
4,0	0	1	1	1	2	2	3	3	3	3	2
5,0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
6,0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7,0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
8,0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
9,0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Поправки $\Delta\tau_W$ в тысячных для $-t°_v$															У г	
Скорость ветра W в *м/сек*															Знаки по	
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	+	+
47	44	41	38	34	31	28	25	22	19	16	12	9	6	3	15	15
47	44	40	37	34	31	28	25	22	19	16	12	9	6	3	14	16
46	43	40	37	34	31	28	25	21	18	15	12	9	6	3	13	17
45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	12	18
43	40	37	34	32	29	26	23	20	17	15	12	9	6	3	11	19
41	38	35	33	30	27	24	22	19	16	14	11	8	5	3	10	20
38	35	33	30	28	25	23	20	18	15	13	10	8	5	3	9	21
35	32	30	28	26	23	21	18	16	14	12	9	7	5	2	8	22
31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	8	6	4	2	7	23
28	26	24	22	20	18	17	15	13	11	9	7	6	4	2	6	24
23	22	20	19	17	16	14	13	11	10	8	6	5	3	2	5	25
19	18	17	15	14	12	11	10	9	8	6	5	4	3	1	4	26
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	3	27
10	9	8	8	7	6	6	5	5	4	3	3	2	1	1	2	28
5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	0	1	29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30

НА ВЕТЕР ($\Delta\tau_W$)

лы θ		Поправки $\Delta\tau_W$ в тысячных для $+t°_v$														
правок $\Delta\tau_W$		Скорость ветра W в *м/сек*														
—	—	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
45	45	3	6	9	12	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44
44	46	3	6	9	12	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44
43	47	3	6	9	12	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41	43
42	48	3	6	9	12	15	17	20	23	25	28	31	34	37	40	42
41	49	3	6	8	11	14	17	19	22	24	27	30	33	35	38	41
40	50	3	5	8	11	13	16	18	21	23	26	28	31	33	36	39
39	51	3	5	7	10	12	15	17	20	22	24	26	29	31	33	36
38	52	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	24	27	29	31	33
37	53	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
36	54	2	4	5	7	9	11	12	14	16	18	20	21	23	25	27
35	55	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	21	24
34	56	1	2	4	5	6	7	9	10	11	12	14	15	16	17	19
33	57	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	11	12	12	13	14
32	58	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7	8	8	9	9
31	59	0	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4
30	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ Δt ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПО

$Д_г$ \ Δh	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425
2 000	8	12	17	23	30	38	47	57	68	79	92	105	120	136
2 500	6	9	14	18	24	30	38	45	54	63	74	84	96	108
3 000	5	8	11	15	20	25	31	38	45	53	61	70	80	90
3 500	4	7	10	13	17	22	27	32	39	45	52	60	69	77
4 000	4	6	8	12	15	19	23	28	34	40	46	53	60	68
4 500	3	5	8	10	13	17	21	25	30	35	41	47	53	60
5 000	3	5	7	9	12	15	19	23	27	32	37	42	48	54
5 500	3	4	6	8	11	14	17	21	25	29	33	38	44	50
6 000	3	4	6	8	10	13	16	19	23	26	31	35	40	45
6 500	2	4	5	7	9	12	14	17	21	24	28	32	37	42
7 000	2	3	5	7	9	11	13	16	19	23	26	30	34	39
7 500	2	3	5	6	8	10	13	15	18	21	25	28	32	36
8 000	2	3	4	6	8	10	12	14	17	20	23	26	30	34
8 500	2	3	4	5	7	9	11	13	16	19	22	25	28	32
9 000	2	3	4	5	7	8	10	13	15	18	20	23	27	30
9 500	2	2	4	5	6	8	10	12	14	17	19	22	26	29
10 000	2	2	3	5	6	8	9	11	14	16	18	21	24	27
10 500	1	2	3	4	6	7	9	11	13	15	17	20	23	26
11 000	1	2	3	4	5	7	9	10	12	14	16	19	22	25
11 500	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	15	18	21	24
12 000	1	2	3	4	5	6	8	10	11	13	15	18	20	23
12 500	1	2	3	4	5	6	8	9	11	13	14	17	19	22
13 000	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	18	21
13 500	1	2	2	3	4	6	7	8	10	12	14	16	18	20
14 000	1	2	2	3	4	5	7	8	10	11	13	15	17	19
14 500	1	2	2	3	4	5	6	8	9	11	13	15	17	19
15 000	1	2	2	3	4	5	6	8	9	11	12	14	16	18

ПРАВОК НА ПРЕВЫШЕНИЕ (ПОНИЖЕНИЕ) ($\Delta\tau_h$)

450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	Δh / $Д_г$
152	169	188	207	227	248	270	293	317	342	368	394	422	450	480	2 000
122	135	150	165	182	198	216	234	254	273	294	315	338	360	384	2 500
101	113	125	138	151	165	180	195	211	228	245	263	281	300	320	3 000
87	97	107	118	130	142	154	167	181	195	210	225	241	257	274	3 500
76	85	94	103	113	124	135	147	158	171	184	197	211	225	240	4 000
68	75	83	92	101	110	120	130	141	152	163	175	186	200	213	4 500
61	68	75	83	91	99	108	117	127	137	147	158	169	180	192	5 000
55	62	68	75	83	90	98	107	115	124	134	143	154	164	174	5 500
51	56	63	69	76	83	90	98	106	114	123	131	141	150	160	6 000
46	52	58	64	70	76	83	90	98	105	113	121	130	139	146	6 500
43	48	54	59	65	71	77	84	91	98	105	113	121	129	137	7 000
41	45	50	55	61	66	72	78	85	91	98	105	113	120	128	7 500
38	42	47	52	57	62	68	73	79	85	91	99	106	113	120	8 000
36	40	44	49	53	58	64	69	75	80	85	93	99	106	113	8 500
34	38	42	46	50	55	60	65	70	76	82	88	94	101	107	9 000
32	36	40	44	48	52	57	62	67	72	77	83	89	95	101	9 500
30	34	38	41	45	50	54	59	63	68	74	79	84	90	96	10 000
29	32	36	39	43	48	51	56	60	65	70	75	80	86	91	10 500
28	31	34	38	41	45	49	53	58	62	67	72	77	82	87	11 000
26	29	33	36	39	43	47	51	55	60	64	69	73	78	83	11 500
25	28	31	34	38	41	45	49	53	57	61	65	70	75	80	12 000
24	28	30	33	36	40	43	47	51	55	59	63	68	72	77	12 500
23	26	29	32	35	38	42	45	49	53	57	61	65	69	74	13 000
22	25	27	31	34	37	40	43	47	51	54	58	63	67	71	13 500
22	24	27	30	32	35	39	42	45	49	53	56	60	64	69	14 000
21	23	26	29	31	34	37	40	44	47	51	54	58	62	66	14 500
21	23	25	28	30	33	36	39	42	46	49	53	56	60	64	15 000

ТАБЛИЦА ВЕЛИЧИН $W \cos \gamma$

Углы γ в делениях угломера. Знак $W \cos \gamma$		Скорость ветра в *м/сек*															Углы γ в делениях угломера. Знак $W \cos \gamma$	
+	+																—	—
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
0	60-00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	30-00	30-00
1-00	59-00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	29	31
2	58	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	28	32
3	57	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	27	33
4	56	1	2	3	4	4	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	26	34
5	55	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	25	35
6	54	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	12	12	24	36
7	53	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	9	10	11	23	37
8	52	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10	22	38
9	51	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	8	8	9	21	39
10	50	0	1	2	2	2	3	4	4	4	5	6	6	6	7	8	20	40
11	49	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	19	41
12	48	0	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	18	42
13	47	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	17	43
14	46	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	16	44
15	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	45

ТАБЛИЦА КВАДРАТОВ ЧИСЕЛ от 0 до 4198 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ БАЗЫ *l*

N	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	3
20	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14
40	16	18	19	21	23	25	27	29	31	34
60	36	38	41	44	46	49	52	55	58	61
80	64	67	71	74	77	81	85	88	92	96
100	100	104	108	112	117	121	125	130	135	139
120	144	149	154	159	164	169	174	180	185	190
140	196	202	207	213	219	225	231	237	243	250
160	256	262	269	276	282	289	296	303	310	317
180	324	331	339	346	353	361	369	376	384	392
200	400	409	416	424	433	441	449	458	467	475
220	484	493	502	511	520	529	538	548	557	566
240	576	586	595	605	615	625	635	645	655	666
260	676	686	697	708	718	729	740	751	762	773
280	784	795	807	818	829	841	853	864	876	888
300	900	912	924	936	949	961	973	986	999	1011
320	1024	1037	1050	1063	1076	1089	1102	1116	1129	1142
340	1156	1170	1183	1197	1211	1225	1239	1253	1267	1282
360	1296	1310	1325	1340	1354	1369	1384	1399	1414	1429
380	1444	1459	1475	1490	1505	1521	1537	1552	1568	1584
400	1600	1616	1632	1648	1665	1681	1697	1714	1731	1747
420	1764	1781	1798	1815	1832	1849	1866	1884	1901	1918
440	1936	1954	1971	1989	2007	2025	2043	2061	2079	2098
460	2116	2134	2153	2172	2190	2209	2228	2247	2266	2285
480	2304	2323	2343	2362	2381	2401	2421	2440	2460	2480
500	2500	2520	2540	2560	2581	2601	2621	2642	2663	2683
520	2704	2725	2746	2767	2788	2809	2830	2852	2873	2894
540	2916	2938	2959	2981	3003	3025	3047	3069	3091	3114
560	3136	3158	3181	3204	3226	3249	3272	3295	3318	3341
580	3364	3387	3411	3434	3457	3481	3505	3528	3552	3576
600	3600	3624	3648	3672	3697	3721	3745	3770	3795	3819
620	3844	3869	3894	3919	3944	3969	3994	4020	4045	4070
640	4096	4122	4147	4173	4199	4225	4251	4277	4303	4330
660	4356	4382	4409	4436	4462	4489	4516	4543	4570	4597
680	4624	4651	4679	4706	4733	4761	4789	4816	4844	4872
700	4900	4928	4956	4984	5013	5041	5069	5098	5127	5155
720	5184	5213	5242	5271	5300	5329	5358	5388	5417	5446
740	5476	5506	5535	5565	5595	5625	5655	5685	5715	5746
760	5776	5806	5837	5868	5898	5929	5960	5991	6022	6053
780	6084	6115	6147	6178	6209	6241	6273	6304	6336	6368

N	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
800	6400	6432	6464	6496	6529	6561	6593	6626	6659	6691
820	6724	6757	6790	6823	6856	6889	6922	6956	6989	7022
840	7056	7090	7123	7157	7191	7225	7259	7293	7327	7362
860	7396	7430	7465	7500	7534	7569	7604	7639	7674	7709
880	7744	7779	7815	7850	7885	7921	7957	7992	8028	8064
900	8100	8136	8172	8208	8245	8281	8317	8354	8391	8427
920	8464	8501	8538	8575	8612	8649	8686	8724	8761	8798
940	8836	8874	8911	8949	8987	9025	9063	9101	9139	9178
960	9216	9254	9298	9332	9370	9409	9448	9487	9526	9565
980	9604	9643	9683	9722	9761	9801	9841	9880	9920	9960
1000	10000	10040	10080	10120	10161	10201	10241	10282	10323	10363
1020	10404	10445	10486	10527	10568	10609	10650	10692	10733	10774
1040	10816	10858	10899	10941	10983	11025	11067	11109	11151	11194
1060	11236	11278	11321	11364	11406	11449	11492	11535	11578	11621
1080	11664	11707	11751	11794	11837	11881	11925	11968	12012	12056
1100	12100	12144	12188	12232	12277	12321	12365	12410	12455	12499
1120	12544	12589	12634	12679	12724	12769	12814	12860	12905	12950
1140	12996	13042	13087	13133	13179	13225	13271	13317	13363	13410
1160	13456	13502	13549	13596	13642	13689	13736	13783	13830	13877
1180	13924	13971	14019	14066	14113	14161	14209	14256	14304	14352
1200	14400	14448	14496	14544	14593	14641	14689	14738	14787	14835
1220	14884	14933	14982	15031	15080	15129	15178	15223	15277	15326
1240	15376	15426	15475	15525	15575	15625	15675	15725	15775	15826
1260	15876	15926	15977	16028	16078	16129	16180	16231	16282	16333
1280	16384	16435	16487	16538	16589	16641	16693	16744	16796	16848
1300	16900	16952	17004	17056	17109	17161	17213	17266	17319	17371
1320	17424	17477	17530	17583	17636	17689	17742	17796	17849	17902
1340	17956	18010	18063	18117	18171	18225	18279	18333	18387	18442
1360	18496	18550	18605	18660	18714	18769	18824	18879	18934	18989
1380	19044	19099	19155	19210	19265	19321	19377	19432	19488	19544
1400	19600	19656	19712	19768	19825	19881	19937	19994	20051	20107
1420	20164	20221	20278	20335	20392	20449	20506	20564	20621	20678
1440	20736	20794	20851	20909	20967	21025	21083	21141	21199	21258
1460	21316	21374	21433	21492	21550	21609	21668	21727	21786	21845
1480	21904	21963	22023	22082	22141	22201	22261	22320	22380	22440
1500	22500	22560	22620	22680	22741	22801	22861	22922	22983	23043
1520	23104	23165	23226	23287	23348	23409	23470	23532	23593	23654
1540	23716	23778	23839	23901	23963	24025	24087	24149	24211	24274
1560	24336	24398	24461	24524	24586	24649	24712	24775	24888	24901
1580	24964	25027	25091	25154	25217	25281	25345	25408	25472	25536
1600	25600	25664	25728	25792	25857	25921	25985	26050	26115	26179
1620	26244	26309	26374	26439	26504	26569	26634	26700	26765	26830
1640	26896	26962	27027	27093	27159	27226	27291	27357	27423	27490
1660	27556	27622	27689	27756	27822	27889	27956	28023	28090	28157
1680	28225	28291	28359	28426	28493	28561	28629	28696	28764	28832
1700	28900	28968	29036	29104	29173	29241	29309	29378	29447	29515

Продолжение

N	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1720	29584	29653	29722	29791	29860	29929	29998	30068	30137	30206
1740	30276	30346	30415	30485	30555	30625	30695	30765	30885	30906
1760	30976	31046	31117	31188	31258	31329	31400	31471	31542	31613
1780	31684	31755	31827	31898	31969	32041	32113	32184	32256	32328
1800	32400	32472	32544	32616	32689	32761	32833	32906	32979	33051
1820	33124	33197	33270	33343	33416	33489	33562	33686	33709	33782
1840	33856	33930	34003	34077	34151	34225	34299	34373	34447	34522
1860	34596	34670	34745	34820	34894	34969	35044	35119	35194	35269
1880	35344	35419	35485	35570	35645	35721	35797	35872	35948	36024
1900	36100	36176	36252	36328	36405	36557	36634	36634	36711	36787
1920	36864	36941	37018	37095	37172	37249	37326	37404	37481	37558
1940	37636	37714	37791	37869	37947	38025	38103	38181	38259	38338
1960	38416	38494	38573	38652	38730	38809	38888	38967	39046	39125
1980	39204	39283	39363	39442	39521	39601	39681	39760	39840	39920
2000	40000	40080	40160	40240	40321	40401	40481	40562	40643	40723
2020	40804	40855	40966	41047	41128	41209	41290	41372	41453	41534
2040	41616	41698	41779	41861	41943	42025	42107	42189	42271	42354
2060	42436	42518	42601	42684	42766	42849	42932	43015	43098	43181
2080	43264	43347	43431	43514	43597	43681	43765	43848	43932	44016
2100	44100	44184	44268	44352	44437	44521	44605	44690	44775	44859
2120	44944	45029	45114	45199	45284	45369	45454	45540	45625	45710
2140	45796	45882	45967	46053	46139	46225	46311	46397	46483	46570
2160	46656	46742	46829	46916	47002	47089	47176	47263	47350	47437
2180	47524	47611	47699	47786	47873	47961	48049	48136	48224	48312
2200	48400	48488	48576	48664	48753	48841	48929	49018	49107	49195
2220	49284	49373	49462	49551	49640	49729	49818	49908	49997	50086
2240	50176	50266	50355	50445	50535	50625	50715	50805	50895	50986
2260	51076	51166	51257	51302	51438	51529	51620	51711	51802	51893
2280	51984	52075	52167	52258	52349	52441	52533	52624	52716	52808
2300	52900	52992	53084	53176	53269	53361	53453	53546	53639	53731
2320	53824	53917	54010	54103	54196	54289	54382	54476	54569	54662
2340	54756	54850	54943	55037	55131	55225	55319	55413	55507	55602
2360	55696	55790	55885	55980	56074	56169	56264	56359	56454	56549
2380	56644	56739	56836	56930	57025	57121	57217	57312	57408	57504
2400	57600	57694	57792	57888	57985	58081	58177	58274	58371	58467
2420	58564	58661	58758	58855	58952	59042	59146	59244	59341	59438
2440	59536	59585	59731	59829	59927	60025	60123	60221	60319	60418
2460	60516	60614	60713	60812	60910	61009	61108	61207	61306	61405
2480	61504	61603	61703	61802	61901	62001	62101	62200	62300	62400
2500	62500	62600	62700	62800	62901	63001	63101	63202	63303	63403
2520	63504	63605	63706	63807	63908	64009	64110	64212	64313	64414
2540	64516	64618	64719	64821	64923	65025	65127	65229	65331	65434
2560	65536	65638	65741	65844	65946	66049	66152	66255	66358	66461
2580	66564	66667	66771	66874	66977	67081	67185	67288	67392	67496
2600	67600	67704	67808	67912	68017	68121	68225	68330	68435	68539

N	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
2620	68644	68749	68854	68959	69064	69169	69274	69380	69485	69590
2640	69696	69802	69907	70013	70119	70225	70331	70437	70543	70650
2660	70756	70862	70969	71076	71182	71289	71396	71503	71610	71717
2680	71824	71931	72039	72146	72253	72361	72469	72576	72684	72792
2700	72900	73008	73116	73224	73332	73441	73549	73658	73767	73875
2720	73984	74093	74202	74311	74420	74529	74638	74748	74857	74966
2740	75076	75186	75295	75405	75515	75625	75735	75845	75955	76086
2760	76176	76286	76397	76508	76618	76729	76840	76951	77062	77173
2780	77284	77395	77507	77618	77729	77841	77953	78064	78176	78288
2800	78400	78512	78624	78736	78849	78961	79073	79186	79299	79411
2820	79524	79637	79750	79863	79976	80089	80202	80316	80429	80542
2840	80656	80770	80883	80997	81111	81225	81339	81453	81567	81682
2860	81796	81910	82025	82140	82254	82369	82484	82599	82714	82829
2880	82944	83059	83175	83290	83405	83521	83637	83752	83868	83984
2900	84100	84216	84332	84448	84565	84681	84797	84914	85030	85147
2920	85264	85381	85498	85615	85732	85849	85966	86084	86201	86318
2940	86436	86554	86671	86789	86907	87025	87143	87261	87379	87428
2960	87616	87734	87853	87972	88090	88209	88328	88447	88566	88685
2980	88804	88923	89043	89162	89281	89401	89521	89640	89760	89880
3000	90000	90120	90240	90360	90481	90601	90721	90842	90963	91083
3020	91204	91325	91446	91567	91688	91809	91930	92052	92173	92294
3040	92416	92538	92659	92781	92903	93025	93147	93269	93391	93514
3060	93636	93758	93881	94004	94126	94249	94372	94495	94618	94741
3080	94864	94987	95111	95234	95357	95481	95605	95728	95852	95976
3100	96100	96224	96348	96472	96597	96721	96845	96970	97095	97219
3120	97344	97469	97594	97719	97844	97969	98094	98220	98345	98470
3140	98596	98722	98847	98973	99099	99225	99351	99477	99603	99730
3160	99856	99982	100109	100236	100362	100489	100616	100743	100870	100997
3180	101124	101251	101379	101506	101633	101761	101889	102016	102144	102272
3200	102400	102528	102656	102784	102913	103041	103169	103298	103427	103555
3220	103684	103813	103942	104071	104200	104329	104458	104588	104717	104846
3240	104976	105106	105235	105365	105495	105625	105756	105885	106015	106146
3260	106276	106406	106537	106668	106798	106829	107060	107191	107322	107453
3280	107584	107715	107847	107978	108109	108241	108373	108504	108636	108768
3300	108900	109032	109164	109296	109427	109561	109693	109826	109259	110091
3320	110224	110357	110490	110623	110756	110889	111022	111156	111289	111422
3340	111556	111690	111823	111957	112091	112225	112359	112493	112627	112762
3360	112896	113030	113165	113300	113434	113569	113704	113839	113974	114109
3380	114244	114379	114515	114650	114785	114921	115057	115192	115328	115464
3400	115600	115736	115872	116008	116145	116281	116417	116554	116691	116827

Продолжение

N	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3420	116964	117101	117238	117375	117512	117649	117786	117924	118061	118198
3440	118336	118474	118611	118749	118887	119025	119163	119301	119439	119578
3460	119716	119854	119993	120132	120270	120409	120548	120687	120826	120965
3480	121104	121243	121383	121522	121661	121801	121941	122080	122220	122360
3500	122500	122640	122780	122920	123061	123201	123341	123482	123623	123763
3520	123904	124045	124186	124327	124468	124609	124750	124892	125033	125174
3540	125316	125458	125599	125741	125883	126025	126167	126309	126451	126594
3560	126736	126878	127020	127164	127306	127449	127592	127735	127877	128021
3580	128164	128307	128451	128594	128737	128881	129025	129168	129312	129456
3600	129600	129744	129888	130032	130177	130321	130465	130610	130755	130899
3620	131044	131189	131334	131479	131624	131769	131914	132060	132205	132350
3640	132496	132642	132787	132933	133079	133225	133371	133517	133663	133810
3660	133956	134102	134249	134396	134542	134689	134836	134983	135130	135277
3680	135424	135571	135719	135866	136013	136161	136309	136456	136604	136752
3700	136900	137048	137196	137344	137423	137641	137789	137938	138086	138235
3720	138384	138533	138682	138831	138980	139129	139278	139428	139577	139726
3740	139876	140026	140175	140325	140474	140625	140775	140925	141075	141226
3760	141376	141526	141677	141828	141978	142129	142280	142431	142582	142733
3780	142884	143035	143187	143338	143489	143641	143793	143944	144096	144248
3800	144400	144552	144704	144856	145008	145161	145313	145466	145619	145771
3820	145924	146077	146230	146383	146536	146689	146842	146996	147149	147302
3840	147456	147610	147763	147917	148071	148225	148379	148533	148687	148842
3860	148996	149150	149305	149460	149614	149769	149924	150079	150234	150389
3880	150544	150699	150855	151010	151165	151321	151477	151632	151788	151844
3900	152100	152256	152412	152568	152725	152881	153037	153194	153351	153507
3920	153664	153821	153978	154135	154292	154449	154606	154764	154921	155078
3940	155236	155394	155551	155709	155867	156025	156183	156341	156499	156658
3960	156816	156974	157133	157292	157450	157609	157768	157927	158086	158245
3980	158404	158563	158723	158882	159041	159201	159360	159520	159680	159840
4000	160000	160160	160320	160480	160641	160801	160961	161121	161283	161443
4020	161604	161765	161926	162087	162248	162409	162570	162732	162893	163054
4040	163216	163378	163539	163701	163863	164025	164187	164349	164511	164674
4060	164836	164998	165160	165323	165486	165649	165812	165975	166137	166301
4080	166464	166627	166791	166954	167117	167281	167445	167608	167772	167936
4100	168100	168264	168428	168592	168757	168921	169085	169250	169415	169579
4120	169744	169908	170074	170239	170404	170569	170734	170900	171065	171230
4140	171396	171562	171727	171893	172059	172225	172391	172557	172723	172890
4160	173056	173222	173389	173556	173722	173889	174056	174223	174390	174557
4180	174724	174891	175059	175226	175393	175561	175729	175896	176064	176232

ТАБЛИЦА НАТУРАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН СИНУСОВ УГЛОВ
НАТУРАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ СИНУСОВ ОТ 0° ДО 45°

Синус	В градусах	В делениях угломера	Синус	В градусах	В делениях угломера
0,001	0°04′	0-01	0,041	2°21′	0-39
002	07	02	042	25	40
003	10	03	043	28	41
004	14	04	044	31	42
005	17	05	045	35	43
0,006	0°21′	0-06	0,046	2°38′	0-44
007	24	07	047	42	45
008	28	08	048	45	46
009	31	09	049	49	47
010	35	10	050	52	48
0,011	0°38′	0-11	0,051	2°55′	0-49
012	42	11	052	59	50
013	45	12	053	3°02′	51
014	48	13	054	06	52
015	52	14	055	09	53
0,016	0°55′	0-15	0,056	3°13′	0-54
017	59	16	057	16	54
018	1°02′	17	058	19	55
019	06	18	059	23	56
020	09	19	060	26	57
0,021	1°12′	0-20	0,061	3°30′	0-58
022	16	21	062	33	59
023	19	22	063	37	60
024	23	23	064	40	61
025	26	24	065	44	62
0,026	1°30′	0-25	0,066	3°47′	0-63
027	33	26	067	51	64
028	36	27	068	54	65
029	40	28	069	57	66
030	43	29	070	4°01′	67
0,031	1°47′	0-30	0,071	4°04′	0-68
032	50	31	072	08	69
033	54	32	073	11	70
034	57	33	074	15	71
035	2°00′	33	075	18	72
0,036	2°04′	0-34	0,076	4°22′	0-73
037	07	35	077	25	74
038	11	36	078	28	75
039	14	37	079	32	76
040	18	38	080	35	77

Синус	В градусах	В делениях угломера	Синус	В градусах	В делениях угломера
0,081	4°39′	0-77	0,126	7°14′	1-21
082	42	78	127	18	22
083	46	79	128	21	23
084	49	80	129	25	24
085	53	81	130	28	25
0,086	4°56′	0-82	0,131	7°32′	1-25
087	59	83	132	35	26
088	5°03′	84	133	39	27
089	06	85	134	42	28
090	10	86	135	46	29
0,091	5°13′	0-87	0,136	7°49′	1-30
092	17	88	137	52	31
093	20	89	138	56	32
094	24	90	139	59	33
095	27	91	140	8°03′	34
0,096	5°31′	0-92	0,141	8°06′	1-35
097	34	93	142	10	36
098	37	94	143	13	37
099	41	95	144	17	38
100	44	96	145	20	39
0,101	5°48′	0-97	0,146	8°24′	1-40
102	51	98	147	27	41
103	55	99	148	31	42
104	58	1-00	149	34	43
105	6°02′	00	150	38	44
0,106	6°05′	1-01	0,151	8°41′	1-45
107	09	02	152	45	46
108	12	03	153	48	47
109	15	04	154	52	48
110	19	05	155	55	49
0,111	6°22′	1-06	0,156	8°58′	1-50
112	26	07	157	9°02′	51
113	29	08	158	05	52
114	33	09	159	09	53
115	36	10	160	12	53
0,116	6°40′	1-11	0,161	9°16′	1-54
117	43	12	162	19	55
118	47	13	163	23	56
119	50	14	164	26	57
120	54	15	165	30	58
0,121	6°57′	1-16	0,166	9°33′	1-59
122	7°00′	17	167	37	60
123	04	18	168	40	61
124	07	19	169	44	62
125	11	20	170	47	63

Продолжение

Синус	В градусах	В делениях угломера	Синус	В градусах	В делениях угломера
0,171	9°51′	1-64	0,216	12°28′	2-08
172	54	65	217	32	09
173	58	66	218	36	10
174	10°01′	67	219	39	11
175	05	68	220	43	12
0,176	10°08′	1-69	0,221	12°46′	2-13
177	12	70	222	50	14
178	15	71	223	53	15
179	19	72	224	57	16
180	23	73	225	13°00′	17
0,181	10°25′	1-74	0,226	13°04′	2-18
182	29	75	227	07	19
183	33	76	228	11	20
184	36	77	229	14	21
185	40	78	230	18	22
0,186	10°43′	1-79	0,231	13°21′	2-23
187	47	80	232	25	24
188	50	81	233	28	25
189	54	82	234	32	26
190	57	83	235	36	26
0,191	11°01′	1-84	0,236	13°39′	2-27
192	04	85	237	43	28
193	08	86	238	46	29
194	11	86	239	50	30
195	15	87	240	53	31
0,196	11°18′	1-88	0,241	13°57′	2-32
197	22	89	242	14°00′	33
198	25	90	243	04	34
199	29	91	244	07	35
200	32	92	245	11	36
0,201	11°36′	1-93	0,246	14°14′	2-37
202	39	94	247	18	38
203	43	95	248	22	39
204	46	96	249	25	40
205	50	97	250	29	41
0,206	11°53′	1-98	0,251	14°32′	2-42
207	57	99	252	36	43
208	12°00′	2-00	253	39	44
209	04	01	254	43	45
210	07	02	255	46	46
0,211	12°11′	2-03	0,256	14°50′	2-47
212	14	04	257	54	48
213	18	05	258	57	49
214	21	06	259	15°01′	50
215	25	07	260	04	51

Синус	В градусах	В делениях угломера	Синус	В градусах	В делениях угломера
0,261	15°08′	2-52	0,306	17°49′	2-97
262	11	53	307	53	98
263	15	54	308	56	99
264	18	55	309	18°00′	3-00
265	22	56	310	04	01
0,266	15°26′	2-57	0,311	18°07′	3-02
267	29	58	312	11	03
268	33	59	313	14	04
269	36	60	314	18	05
270	40	61	315	22	06
0,271	15°43′	2-62	0,316	18°25′	3-07
272	47	63	317	29	08
273	51	64	318	33	09
274	54	65	319	36	10
275	58	66	320	40	11
0,276	16°01′	2-67	0,321	18°43′	3-12
277	05	68	322	47	13
278	08	69	323	51	14
279	12	70	324	54	15
280	16	71	325	58	16
0,281	16°19′	2-72	0,326	19°02′	3-17
282	23	73	327	05	18
283	26	74	328	09	19
284	30	75	329	13	20
285	33	76	330	16	21
0,286	16°37′	2-77	0,331	19°20′	3-22
287	41	78	332	23	23
288	44	79	333	27	24
289	48	80	334	31	25
290	51	81	335	34	26
0,291	16°55′	2-82	0,336	19°38′	3-27
292	59	83	337	42	28
293	17°02′	84	338	45	29
294	06	85	339	49	30
295	09	86	340	53	31
0,296	17°13′	2-87	0,341	19°56′	3-32
297	17	88	342	20°00′	33
298	20	89	343	04	34
299	24	90	344	07	35
300	27	91	345	11	36
0,301	17°31′	2-92	0,346	20°15′	3-37
302	35	93	347	18	38
303	38	94	348	22	39
304	42	95	349	26	40
305	45	96	350	29	41

Продолжение

Синус	В градусах	В делениях угломера	Синус	В градусах	В делениях угломера
0,351	20°33′	3-42	0,396	23°20′	3-89
352	37	43	397	23	90
353	40	44	398	27	91
354	44	45	399	31	92
355	48	47	400	35	93
0,356	20°51′	3-48	0,401	23°38′	3-94
357	55	49	402	42	95
358	59	50	403	46	96
359	21°02′	51	404	50	97
360	06	52	405	53	98
0,361	21°10′	3-53	0,406	23°57′	3-99
362	13	54	407	24°01′	4-00
363	17	55	408	05	01
364	21	56	409	09	02
365	24	57	410	12	03
0,366	21°28′	3-58	0,411	24°16′	4-04
367	32	59	412	20	06
368	36	60	413	24	07
369	39	61	414	27	08
370	43	62	415	31	09
0,371	21°47′	3-63	0,416	24°35′	4-10
372	50	64	417	39	11
373	54	65	418	43	12
374	58	66	419	46	13
375	22°01′	67	420	50	14
0,376	22°05′	3-68	0,421	24°54′	4-15
377	09	69	422	58	16
378	13	70	423	25°01′	17
379	16	71	424	05	18
380	20	72	425	09	19
0,381	22°24′	3-73	0,426	25°13′	4-20
382	27	74	427	17	21
383	31	75	428	20	22
384	35	76	429	24	23
385	39	77	430	28	24
0,386	22°42′	3-78	0,431	25°32′	4-26
387	46	80	432	36	27
388	50	81	433	39	28
389	54	82	434	43	29
390	57	83	435	47	30
0,391	23°01′	3-84	0,436	25°51′	4-31
392	05	85	437	55	32
393	08	86	438	59	33
394	12	87	439	26°02′	34
395	16	88	440	06	35

Продолжение

Синус	В градусах	В делениях угломера	Синус	В градусах	В делениях угломера
0,441	26°10′	4-36	0,486	29°05′	4-85
442	14	37	487	09	86
443	18	38	488	13	87
444	21	39	489	17	88
445	25	40	490	20	89
0,446	26°29′	4-41	0,491	29°24′	4-90
447	33	43	492	28	91
448	37	44	493	32	92
449	41	45	494	36	93
450	45	46	495	40	94
0,451	26°48′	4-47	0,496	29°44′	4-96
452	52	48	497	48	97
453	56	49	498	52	98
454	27°00′	50	499	56	99
455	04	51	500	30°00′	5-00
0,456	27°08′	4-52	0,501	30°04′	5-01
457	12	53	502	08	02
458	15	54	503	12	03
459	19	55	504	16	04
460	23	56	505	20	06
0,461	27°27′	4-58	0,506	30°24′	5-07
462	31	59	507	28	08
463	35	60	508	32	09
464	39	61	509	36	10
465	43	62	510	40	11
0,466	27°47′	4-63	0,511	30°44′	5-12
467	50	64	512	48	13
468	54	65	513	52	14
469	58	66	514	56	16
470	28°02′	67	515	31°00′	17
0,471	28°06′	4-68	0,516	31°04′	5-18
472	10	69	517	08	19
473	14	70	518	12	20
474	18	72	519	16	21
475	22	73	520	20	22
0,476	28°25′	4-74	0,521	31°24′	5-23
477	29	75	522	28	24
478	33	76	523	32	26
479	37	77	524	36	27
480	41	78	525	40	28
0,481	28°45′	4-79	0,526	31°44′	5-29
482	49	80	527	48	30
483	53	81	528	52	31
484	57	82	529	56	32
485	29°01′	84	530	32°00′	33

Синус	В градусах	В делениях угломера	Синус	В градусах	В делениях угломера
0,531	32°04′	5-35	0,576	35°10′	5-86
532	08	36	577	14	87
533	12	37	578	19	89
534	17	38	579	23	90
535	21	39	580	27	91
0,536	32°25′	5-40	0,581	35°31′	5-92
537	29	41	582	35	93
538	33	42	583	40	94
539	37	44	584	44	96
540	41	45	585	48	97
0,541	32°45′	5-46	0,586	35°52′	5-98
542	49	47	587	57	99
543	53	48	588	36°01′	6-00
544	57	49	589	05	01
545	33°01′	50	590	09	03
0,546	33°06′	5-52	0,591	36°14′	6-04
547	10	53	592	18	05
548	14	54	593	22	06
549	18	55	594	26	07
550	22	56	595	31	08
0,551	33°26′	5-57	0,596	36°36′	6-10
552	30	58	597	39	11
553	34	59	598	44	12
554	38	61	599	48	13
555	43	62	600	52	14
0,556	33°47′	5-63	0,601	36°56′	6-16
557	51	64	602	37°01′	17
558	55	65	603	06	18
559	59	66	604	09	19
560	34°03′	67	605	14	20
0,561	34°08′	5-69	0,606	37°18′	6-22
562	12	70	607	22	23
563	16	71	608	27	24
564	20	72	609	31	25
565	24	73	610	35	26
0,566	34°28′	5-75	0,611	37°40′	6-28
567	32	76	612	44	29
568	37	77	613	48	30
569	41	78	614	53	31
570	45	79	615	57	32
0,571	34°49′	5-80	0,616	38°01′	6-34
572	53	81	617	06	35
573	58	83	618	10	36
574	35°02′	84	619	15	37
575	06	85	620	19	39

Продолжение

Синус	В градусах	В делениях угломера	Синус	В градусах	В делениях угломера
0,621	38°23′	6-40	0,666	41°46′	6-96
622	28	41	667	50	97
623	32	42	668	55	98
624	36	43	669	59	7-00
625	41	45	670	42°04′	01
0,626	38°45′	6-46	0,671	42°09′	7-02
627	50	47	672	13	04
628	54	48	673	18	05
629	50	50	674	23	06
630	39°03′	51	675	27	07
0,631	39°07′	6-52	0,676	42°32′	7-09
632	12	53	677	37	10
633	16	54	678	41	11
634	21	56	679	46	13
635	25	57	680	51	14
0,636	39°30′	6-58	0,681	42°55′	7-15
637	34	59	682	43°00′	17
638	39	61	683	05	18
639	43	62	684	09	19
640	48	63	685	14	20
0,641	39°52′	6-64	0,686	43°19′	7-22
642	56	66	687	24	23
643	40°01′	67	688	28	24
644	05	68	689	33	26
645	10	69	690	38	27
0,646	40°14′	6-71	0,691	43°43′	7-28
647	19	72	692	47	30
648	23	73	693	52	31
649	28	74	694	57	32
650	32	76	695	44°02′	34
0,651	40°37′	6-77	0,696	44°06′	7-35
652	42	78	697	11	36
653	46	79	698	16	38
654	51	81	699	21	39
655	55	82	700	26	40
0,656	41°00′	6-83	0,701	44°30′	7-42
657	04	84	702	35	43
658	09	86	703	40	44
659	13	87	704	45	46
660	18	88	705	50	47
0,661	41°23′	6-90	0,706	44°55′	7-48
662	27	91	707	59	50
663	32	92	708	45°04′	51
664	38	93			
665	41	95			

ТАБЛИЦА ПОПРАВОК НА ТЕМПЕРАТУРУ ($\Delta\tau_t$) ПРИ РАБОТЕ НА ОДНОСЕКУНДНОЙ БАЗЕ ($\Delta\tau_t$ и τ в тыс.)

$t°$ ($\Delta t°$) \ τ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	500	600	700
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	1
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	2	2	2
3	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	2	3	3	3
4	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	3	4	5	5
5	—	—	—	—	—	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	6
6	—	—	—	—	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	7	8
7	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1	2	4	5	7	8	9
8	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1	3	4	6	7	9	10
9	—	—	1	1	1	1	1	1	1	2	3	5	7	8	10	11
10	—	—	1	1	1	1	1	1	1	2	4	5	7	9	11	12
20	—	1	1	1	1	2	2	3	3	4	7	11	15	18	22	25
30	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	11	16	21	27	32	38

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТАХ В ПОДРАЗДЕЛЕНИИ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

Обозначение целей

— пушки до 57 *мм*

— пушки до 100 *мм*

— пушки до 152 *мм*

— гаубицы до 152 *мм*

— пушки большой и особой мощности

— гаубицы большой и особой мощности

— минометы 82-*мм*

— минометы 120-*мм*

— минометы свыше 120 *мм*

— боевые машины реактивной артиллерии

— зенитные пушки малого калибра

— зенитные пушки среднего калибра

-- зенитные пушки крупного калибра

— пушки большой мощности (засечена четыре раза)

— цель оказалась ложной

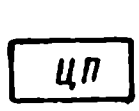
Около каждого условного знака цели делается надпись, указывающая число орудий в засеченной батарее, номер цели, калибр и дату засечки.

Например, условный знак с надписью $4\ \frac{185}{105—3.6}$ означает: четырехорудийная батарея, цель № 185, 105-*мм* гаубица засечена 3 июня.

Обозначение своих войск

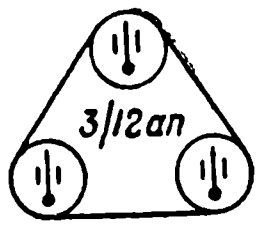
— звуковой пост (цифра указывает номер поста)

— пост предупреждения



— центральный пункт

— 100-*мм* батарея на огневой позиции (прочие калибры обозначаются также в соответствии с условными знаками)



— район огневой позиции артиллерии с точностью до батареи

— наблюдательный пункт командира первой батареи 1-го дивизиона

— метеорологический пост

— автомобили

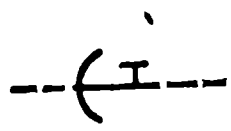
– узел связи (вспомогательный узел связи — ВУС)

— центральная телефонная станция

— переносная радиостанция

— кабельная линия

— пеший связной



— связь подвижными средствами

— мотоцикл

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

Начертание букв	Название букв	Начертание букв	Название букв
Α α	альфа	Ν ν	ни
Β β	бета	Ξ ξ	кси
Γ γ	гамма	Ο ο	омикрон
Δ δ	дельта	Π π	пи
Ε ε	эпсилон	Ρ ρ	ро
Ζ ζ	дзета	Σ σ ς	сигма
Η η	эта	Τ τ	тау
Θ ϑ θ	тета	Υ υ	ипсилон
Ι ι	иота	Φ φ	фи
Κ κ	каппа	Χ χ	хи
Λ λ	ламбда	Ψ ψ	пси
Μ μ	ми	Ω ω	омега

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. **Основные положения и краткий исторический очерк развития звуковой разведки**	5
§ 1. Назначение и задачи артиллерийской инструментальной разведки (АИР)	—
§ 2. Задачи и свойства звуковой разведки	6
§ 3. Краткий исторический очерк развития звуковой разведки	8
Контрольные вопросы к главе I	11
Глава II. **Звуки выстрелов и распространение их в атмосфере**	12
§ 1. Краткие сведения из акустики	—
§ 2. Распространение звука в атмосфере	16
§ 3. Звуковые явления, возникающие при выстреле	25
§ 4. Слышимость звуков в атмосфере	38
§ 5. Влияние метеорологических условий, местности и дальности засечки на вид и характер записи дульных волн и волн разрывов снарядов	51
Задачи к главе II	53
Контрольные вопросы к главе II	—
Глава III. **Определение местоположения звучащей цели по принципу разности времени**	55
§ 1. Решение задачи по методу плоской волны	—
§ 2. Решение задачи по методу шаровой волны	60
§ 3. Поправка на удаление	61
§ 4. Поправка на ветер	67
§ 5. Учет влияния метеорологических элементов при распределении их по высоте	73
§ 6. Определение направления на цель при работе в горных условиях местности	87
Контрольные вопросы к главе III	92
Ответы к задачам главы III	93
Глава IV. **Приборы звукометрических станций**	94
§ 1. Приборы звукометрической станции СЧЗ-6	—
§ 2. Приборы звукометрической станции СЧЗМ-36	111
§ 3. Регистрирующие приборы с фотооптической записью	115
§ 4. Регистрирующие приборы с магнитной записью	116
Контрольные вопросы к главе IV	118
Глава V. **Обработка лент и отсчетов**	119
§ 1. Снятие отсчетов с ленты	—
§ 2. Снятие отсчетов при плохих началах записей	126
§ 3. Поправка на параллакс перьев	131
§ 4. Задача обработки отсчетов	136

Стр.

§ 5. Определение синуса угла α и поправки на параллакс перьев при помощи счетной звукометрической линейки 137
§ 6. Определение $\sin \alpha_0$ ($\sin \alpha_{0h}$) 140
Контрольные вопросы к главе V 145
Задачи к главе V 146
Ответы к задачам главы V 147

Глава VI. Определение координат целей 148

§ 1. Методы определения координат целей . . . . . —
§ 2. Графическое построение углов по их синусам . . . . . —
§ 3. Определение координат целей графическим методом 152
§ 4. Определение координат целей смешанным методом 156
§ 5. Определение координат целей аналитическим (вычислительным) методом 165
Задачи к главе VI 172
Контрольные вопросы к главе VI 173
Ответы к задачам главы VI 174

Глава VII. Дешифрирование лент 175

§ 1. Задача дешифрирования лент . . . . . —
§ 2. Геометрический метод дешифрирования лент 177
§ 3. Схема разведываемых участков 188
§ 4. Подготовка ленты-дешифратора 189
§ 5. Практические приемы дешифрирования лент 193
§ 6. Дешифрирование лент при помощи графиков 201
§ 7. Дешифрирование лент при помощи шаблонов 202
§ 8. Дешифрирование лент в период интенсивной стрельбы . . . . —
§ 9. Группирование отсчетов 203
Задачи к главе VII 206
Контрольные вопросы к главе VII . . . . . —
Ответы к задачам главы VII 207

Глава VIII. Ошибки звуковой разведки 208

§ 1. Характеристика точности определения координат засекаемых целей . . . . . —
§ 2. Анализ ошибок при засечке цели, возникающих при работе с учетом распределения метеорологических элементов по высоте 210
§ 3. Анализ ошибок при засечке цели, возникающих при работе с учетом наземных метеорологических элементов 221
§ 4. Анализ ошибок при засечке цели, возникающих при работе с учетом систематической ошибки 222
§ 5. Определение систематической ошибки 223
§ 6. Ошибки в определении координат целей 236
Задачи к главе VIII 238
Контрольные вопросы к главе VIII . . . . . —

Глава IX. Боевой порядок подразделения звуковой разведки . . 240

§ 1. Общие положения . . . . . —
§ 2. Требования, предъявляемые к боевому порядку подразделения звуковой разведки 242
§ 3. Виды и нормативы развертывания подразделения звуковой разведки 253
§ 4. Рекогносцировка местности 256
§ 5. Развертывание подразделения звуковой разведки для боевой работы 259
§ 6. Свертывание боевого порядка 277
§ 7. Работа подразделения звуковой разведки на коротких акустических базах 279
Контрольные вопросы к главе IX 285

Стр.

Глава X. Действия подразделения звуковой разведки в различных видах боя 287

§ 1. Действие подразделения звуковой разведки в наступательном бою . . . . . —
§ 2. Действия подразделения звуковой разведки в оборонительном бою 295
§ 3. Особенности развертывания подразделения звуковой разведки зимой 296
§ 4. Особенности развертывания подразделения звуковой разведки в горах и в крупных городах 297
§ 5. Особенности развертывания подразделения звуковой разведки в лесистой местности 298
§ 6. Особенности развертывания подразделения звуковой разведки ночью 299
§ 7. Особенности разведки минометов безоткатных орудий, реактивных установок и зенитных орудий (батарей) 300
§ 8. Боевые документы, ведущиеся в подразделении звуковой разведки 303
§ 9. Обработка и изучение разведывательных сведений 307
§ 10. Звукомаскировка огневой деятельности артиллерии 312
Контрольные вопросы к главе X 316

Глава XI. Стрельба с помощью подразделения звуковой разведки 317

§ 1. Общие положения . . . . . —
§ 2. Пристрелка непосредственно по цели 319
§ 3. Перенос огня от звукового репера 325
§ 4. Стрельба на поражение по целям через значительный промежуток времени после их засечки 326
§ 5. Ведение огня дивизионом по целям, координаты которых определены приближенно 327
§ 6. Стрельба по незвучащим целям 330
Контрольные вопросы к главе XI 331

Приложения

1. Таблица скорости звука в *м/сек* 332
2. Таблица поправок для определения виртуальной температуры 333
3. Таблица поправок на удаление ($\Delta\tau_\eta$) . . . . . —
4. Таблица поправок на ветер ($\Delta\tau_W$) 334
5. Таблица значений Δt для определения поправок на превышение (понижение) ($\Delta\tau_h$) 336
6. Таблица величин $W\cos\gamma$ 338
7. Таблица квадратов чисел от 0 до 4198 для определения длины базы l 339
8. Таблица натуральных величин синусов углов. Натуральные величины синусов от 0° до 45° 344
9. Таблица поправок на температуру ($\Delta\tau_t$) при работе на односекундной базе ($\Delta\tau_t$ и τ в тыс.) 352
10. Условные обозначения, применяемые на разведывательных документах в подразделении звуковой разведки 353
11. Греческий алфавит 356

Александр Владимирович Таланов — Артиллерийская звуковая разведка

Редактор *Марышев А. Н.*

Технический редактор *Стрельникова М. А.* Корректор *Рослова Н. П.*

Сдано в набор 28.2.57 г. Г-32581 Подписано к печати 11.10.57 г.

Формат бумаги 60×92 1/16 — 22 1/2 печ. л. = 22,5 усл. печ. л. + 2 вкл. 1/2 печ. л. = = 0,5 усл. печ. л. = 23,504 уч.-изд. л.

Военное Издательство Министерства обороны Союза ССР
Москва, Тверской бульвар, 18.

Изд. № 3/9459 Зак. № 1166

2-я типография имени К. Е. Ворошилова
Управления Военного Издательства Министерства обороны Союза ССР
Ленинград — Центр-1, Дворцовая пл., 10.

Продаже не подлежит